

نشوء الأكاديمية العالمية لاختصة

منتدى إقرأ الثقافى

www.iqra.ahlamontada.com

الشبكة الجديدة بين الباحثين والعلماء



كارولين س. فاغنر

مع مقدمة بقلم فرانسيس فوكوياما

بۆدابهزاندنی چۆرمها کتیب:سهردانی: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

لتحميل انواع الكتب راجع: (مُنْتَدَى إِقْرَأَ الثَّقَافِي)

پهراي دانلود کتابهای مختلف مراجعه: (منتدی اقرا الثقافی)

www.iqra.ahlamontada.com



www.iqra.ahlamontada.com

للکتاب (کوردی ، عربی ، فارسی)

نشوء
الأكاديمية العالمية الخفية
The New Invisible College

نشوء الأكاديمية العالمية الخفية

The New Invisible College

الشبكة الجديدة بين الباحثين والعلماء

تأليف

كارولين س. فاغنر

Caroline S. Wagner

ترجمة

أحمد حيدر



الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي

The New Invisible College

حقوق الترجمة العربية مرخص بها قانونياً من الناشر

Brookings

بمقتضى الاتفاق الخطي الموقع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون، ش.م.ل.

Copyright © 2008 by The Brookings Institution

All rights reserved

Arabic Copyright © 2009 by Arab Scientific Publishers, Inc. S.A.L

الطبعة الأولى

1431 هـ - 2010 م

ردمك 978-9953-87-932-1

جميع الحقوق محفوظة للناشرين



مركز الباطنيين للترجمة

الكويت، الصالحية، شارع صلاح الدين، عمارة الباطنيين رقم 3

ص.ب: 599 الصفاة رمز 13006، هـ 22412730 (00965)

البريد الإلكتروني: tr2@albabtainprize.org

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.



عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم

هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (+961-1)

ص.ب: 13-5574 شوران - بيروت 1102-2050 - لبنان

فاكس: 786230 (+961-1) - البريد الإلكتروني: bachar@asp.com.lb

الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

إن مركز الباطنيين للترجمة والدار العربية للعلوم ناشرون غير مسؤولتين عن آراء وأفكار المؤلف. وتعتبر الآراء الواردة في هذا الكتاب عن آراء الكاتب وليس بالضرورة أن تعبر عن آراء المركز والدار.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأي الناشرين

التوزيع وفرز الألوان: أبجد غرافيكس، بيروت - هاتف 785107 (+9611)

الطباعة: مطابع الدار العربية للعلوم، بيروت - هاتف 786233 (+9611)

مركز البابطين للترجمة

"مركز البابطين للترجمة" مشروع ثقافي عربي مقره دولة الكويت، يهتم بالترجمة من اللغات الأجنبية إلى العربية وبالعكس، ويرعاه ويموله الشاعر عبد العزيز سعود البابطين في سياق اهتماماته الثقافية وضمن مشروعاته المتعددة العاملة في هذا المجال.

ويقدم المركز هذا الإصدار بالتعاون مع "الدار العربية للعلوم ناشرون" في إطار سلسلة الكتب الدورية المترجمة إلى العربية ومساهمة منه في رفد الثقافة العربية بما هو جديد ومفيد، وإيماناً بأهمية الترجمة في التنمية المعرفية وتعزيز التفاعل بين الأمم والحضارات.

وإذ يحرص "مركز البابطين للترجمة" على اختيار هذه الكتب وفق معايير موضوعية تحقق الغايات النبيلة التي أنشئ لأجلها، وتراعي الدقة والإضافة العلمية الحقيقية، فمن نافل القول إن أي آراء أو فرضيات واردة في هذه الكتب وتم نقلها التزاماً بمبدأ الأمانة في النقل، فإنما تعبر حصراً عن وجهة نظر كاتبها ولا تلزم المركز والقائمين عليه، بأي موقف في أي حال من الأحوال. والله الموفق.

المحتويات

تمهيد.....	9
شكر وتوبيه.....	15
الفصل الأول: ظهور الأكاديمية للعالمية الخفية.....	19
القسم الأول	
إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معرفية.....	35
الفصل الثاني: طوبولوجية العلم في القرن الحادي والعشرين.....	37
الفصل الثالث: العلم التشبيكي (Networked Science).....	59
القسم الثاني	
متاهة العالم: فهم ديناميات الشبكات.....	79
الفصل الرابع: التحولات التكنولوجية: ظهور الشبكات العالمية.....	81
الفصل الخامس: الجغرافية الافتراضية للمعرفة.....	103
الفصل السادس: البنية التحتية والقدرات العلمية.....	123
القسم الثالث	
الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا.....	145
الفصل السابع: إدارة الأكاديمية العالمية الخفية.....	147
الملحق أ: قياس قدرات العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني.....	171
الملحق ب: لائحة بمن جرت معهم المقابلات.....	185
الملاحظات.....	187



تمهید

على مدى العقد الماضي أو نحو ذلك، بالغ العديد من المتوقعين في مسألة موت الدولة القومية مبالغة كبيرة، ولا سيما في أوج ازدهار تكنولوجيا المعلومات في أواخر التسعينيات عندما كانت العولمة تنتشر بسرعة. فقبل إن رأس المال يتحرك على نحو غير مسبوق، ومثله العملة والمعلومات على وجه الخصوص، مدفوعاً بتكنولوجيات حديثة مثل الإنترنت. وكان يُظن أن الجهود المبذولة من قبل الدول القومية للسيطرة على ما يتدفق عبر حدودها تتراجع بسرعة لا تصدق وأنه كان محكوماً عليها بالفشل. وتوقع النقاد أن يحل مكان الحكم التقليدي عبر القنوات العمودية من النظم السياسية الديمقراطية عالمٌ منبسطٌ مؤلف من كيانات ذاتية الحكم منظمة أفقياً تلغي الحاجة إلى الإكراه والتحكم المركزي من القمة إلى القاعدة من النوع الذي ننسبه إلى الحكومات الوطنية.

ثم اتضح أن الدولة القومية كانت أكثر قدرة على البقاء مما حسب الناس. صحيح أن التكنولوجيا سهلت كثيراً تلاق مختلف الأشياء الملموسة وغير الملموسة عبر الحدود الدولية، لكن الدول القومية تستطيع تقديم خدمات محددة فريدة من نوعها. فقد استطاعت وحدها أن تسيطر على "احتكار القوة الشرعية"، إذ كانت قادرة على إنفاذ القوانين على منطقة معينة، وكانت لديها وحدها الموارد اللازمة لتأمين ما يسميه علماء الاقتصاد بالسلع، السلع التي لا تنتجها الأسواق الخاصة لأنه لا يمكن أن يكون استخدامها مقتصرًا على جزء من الشعب. فضلاً عن ذلك، لم يكن العالم "منبسطاً" - فالبلد الذي تعيش تحت سلطته مرتبط أشد الارتباط بمجموعة من النتائج المتصلة بالحياة، مثل الدخل والصحة وفرص التعليم والتوظيف

وغيرها من المعايير المهمة. وكان هناك أيضاً خطر الشرور العامة، إلى جانب السلع العامة، مثل الأوبئة العالمية والإرهاب والصراعات السياسية على الموارد التي تتجاوز تأثيرها كثيراً حدود البلدان التي كانت طرفاً مباشراً فيها. وكان لا بد من استمرار الدول القومية للتعامل معها. وأخيراً، ما كان ممكناً أن يتدفق كل شيء عبر الحدود من غير عائق: تابعت البلدان فرض الرسوم الجمركية وتقديم الدعم المالي للأبطال الوطنيين وتقييد تدفق المهاجرين، بل والتحكم في الوصول إلى المعلومات والأفكار، وإن كان الإجراء الأخير أكثر صعوبة قطعاً. وكانت النظرية السائدة آنذاك أن قوى العولمة سوف تعاقب من ينتهك قوانينها، وبذلك يصبح النظام ذاتي الإنفاذ، لكن هذا الظن لم يأخذ في حسابه الاتجاهات السياسية الموازنة لما سبق التي أنتجتها العولمة نفسها.

لكن التدفقات الدولية تعدّ تحدياً حقيقياً أمام الدولة القومية في بعض المجالات، كما تبين كارولين فاغنر في كتابها: نشوء الأكاديمية العالمية الخفية، ومنها تطور العلوم الطبيعية الحديثة. فهناك جزء كبير من الأبحاث التي تجرى في العلوم الأساسية يتسم بخاصية السلعة العامة: ومن الصعب استبعاد الناس من الاستفادة منها، والأهم من ذلك هو أنها لا يمكن أن تتطور إلا في جو من التبادل الحر المفتوح. ويوضح كتاب نشوء الأكاديمية العالمية الخفية بأسلوبه الدراماتيكي الدرجة التي بلغها تدويل التعاون الدولي. ورغم أن البلدان الغنية ما زالت المصدر الأكبر لتمويل الأبحاث العلمية، فإننا لا يمكن أن نفهم طبيعة هذه الأبحاث إلا كنتاج ثانوي لعملية التعاون الاجتماعي الأفقية التي تعدّ فيها الجدارة والنتائج الورقة الراجعة فوق أي اعتبار للأصل الوطني أو الجهة المختصة.

وهذا هو السبب في أن نظرية النظم التكوينية المعقدة وتحليل الشبكات أصبحت أمراً حاسماً لفهم تطور العلوم. فالعلوم الحديثة هي عملية اجتماعية مكثفة، ولا يمكن تخطيطها بطريقة هرمية من قبل الحكومات الوطنية، مثل النظم الاجتماعية الأخرى. تبين فاغنر بوضوح، أن السمة الناشئة في الكليات الخفية هي أن الباحثين ينجذبون واحداهم إلى الآخر على أساس ما يقدمونه بعضهم لبعض من تكامل في علمه. كما أن النظم ذاتية التنظيم تولد التعقيد على نحو غير مخطط له عبر التفاعلات بين كل من الأطراف الفاعلة، والنتيجة النهائية لذلك، كما في حالة

النظام البيئي، أكبر بكثير من مجموع أجزائها. ويلاحظ أن التوزيعات لن تتخذ مسار التوزيع الطبيعي؛ بل ستكون ذات مقياس حر وستتبع قواعد قانون القوة. ومن الصعب جداً التوقع مسبقاً بالمكان الذي ستظهر فيه عقد للاكتشافات العلمية أو بالشكل الذي سيتخذه تواصل مختلف الباحثين. نشير إلى أن مصطلحات *الروابط الضعيفة* و*العوالم الصغيرة* و*العقد* هي المصطلحات الأكثر فائدة لفهم طريقة تطور الاكتشاف العلمي.

تشير فاغنر مستفيدة من هذه النقاط إلى المشكلة الآتية في السياسات المركزية العامة: إن تطور العلوم الحديثة عملية اجتماعية ناشئة من غير شك، وهي تتميز بأنها دولية في مجالها ولا يمكن للحكومات أن تسيطر عليها سيطرة فاعلة. ومع ذلك يُطلب من دافعي الضرائب في دول قومية مختلفة تمويل هذه العملية. وما زالت الحكومات تنظر إلى الأبحاث والإنجازات العلمية من منظور وطني، مثل العلوم الفرنسية أو اليابانية أو الأمريكية المصممة كلٌ لمصلحة بلده. والواقع أن الجزء الأكبر من الدافع إلى تمويل المساعي العلمية نتج مباشرة من الحاجة المتصورة إلى تعزيز العلوم بصفقتها واحدة من المدخلات المستخدمة للدفاع الوطني.

ولكن على الرغم من أن العلاقة بين التطور العلمي والرفاه الوطني ما زالت قائمة بوضوح، إلا أن العلوم تحقق درجة أفضل من الازدهار في عالم خالٍ من الحدود الوطنية، حيث لا تكون المعرفة ملكاً لأحد بل تتدفق إلى من يستطيع توسيع حدودها إلى أقصى ما يمكن. صحيح أن الوصول إلى عالم العلوم الحديثة التشبيكي يعود بالنفع الأكيد على المجتمعات الفقيرة والبلدان النامية، إلا أنها غالباً لا تستطيع الاستفادة من المصادر العلمية الموجودة بسبب نقص التمويل وضعف رأس المال البشري. فكيف السبيل إلى التوفيق بين هذه المتطلبات المتناقضة؟

يشير الكتاب إلى أن الخطوة الأولى هي التعرف على طبيعة ظاهرة العلوم ذاتها وطابعها التشبيكي (Networked) والدرجة التي وصلت إليها من التدويل. فالفهم الغالب لهذا الأمر لدى الحكومات ودافعي الضرائب في البلدان الغنية هو أنه نطاق من العوامل الخارجية حيث تتحقق المنافع، لكنه غالباً لا يكون ذلك نتيجة مباشرة للاستثمارات المزمعة. ولا بد من تمييز الاختلافات على نحو واقعي بين مختلف مجالات العلوم. فبعضها، مثل فيزياء الطاقة العالية، يتطلب استثمارات كبيرة ثابتة

ذات رأس مال مكثف مما يستلزم تعاوناً دولياً صريحاً لتجنب تكرار الجهود ولتجميع التمويل. بينما نجد علوماً أخرى، مثل الأبحاث الزراعية، تعتمد على المكان وتحتاج إلى أن تكون موزعة. وينبغي على البلدان النامية، على وجه الخصوص، أن تتجنب ببساطة تكرار إنشاء مؤسسات العلوم الوطنية التي أنشئت في العالم المتقدم خلال القرن العشرين. وسوف يصبح لدى هذه البلدان مع مواصلة تطورها الكثير من البدائل لتمويل أنواع التخصصات التي تستفيد من الانفتاح في النظام الحالي.

من الواضح أن آليات الحكم (Governance) سوف تتطور بلا شك لتتواءم مع الواقع. وينبغي على النموذج القلم للتنظيم الوطني، وهو الذي اعتمدته الحكومات إطاراً لإنشاء المؤسسات ذات التنظيم الهرمي حيث كان التعاون الدولي يتم عبر منظمات المعاهدات الرسمية بناء على الجهات الوطنية المنظمة، أن يفسح المجال أمام أشكال أكثر مرونة للحكم والتعاون عبر الحدود. يشمل جزء من هذه المرونة التعاون غير الرسمي على المستويات المتوسطة في تنظيم الحكومة، وهو ما تطلق عليه "آن - ماري سلوتر" "العمل عبر الحكومات"¹. ويتم جزء آخر بمساعدة المنظمات غير الحكومية والجهات المعنية وبمشاركتها المباشرة في العملية التنظيمية. ويشمل البعض أيضاً شركات بين القطاعين العام والخاص، بين الشركات والمنظمات غير الحكومية، وبين الحكومات على مختلف المستويات. ربما بدت جميع هذه الأشكال الجديدة للحكم والتعاون الدولي مثيرة للقلق لأنها تتجنب الآليات الديمقراطية الرسمية للمساءلة لمصلحة آليات أقل مسؤولية وأقل شفافية؛ يحدث هذا أحياناً توجهاً للفاعلية والسرعة في اتخاذ القرار. لكنها تبدو أيضاً ضرورية إذا أردنا للحكم أن يواكب سرعة تطور العمليات الاجتماعية التي يجري تنظيمها. هذه هي التحديات التي سوف نضطر كمجتمع عالمي إلى مواجهتها في القرن الحادي والعشرين.

ومع استمرار تدويل العلم في المستقبل، سوف يتواصل فرض أنواع أخرى من التحديات على هذا التعاون. إذ إن الأبحاث العلمية لا تنتج مجرد سلع عامة فقط، بل تؤدي إلى شرور عامة أيضاً: فالأسلحة النووية وغيرها من أسلحة الدمار الشامل والعوامل البيولوجية الخطرة التي قد تصنع في المستقبل لتصبح أكثر ضراوة

وبتكلفة منخفضة نسبياً، وكذلك مختلف أشكال الضرر البيئي، هي آثار جانبية للاستخدامات الجيدة. وهذه الأمور تستلزم نظاماً للتحكم مثل النظام الذي أنشئ بموجب معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية. إلا أن الطابع الدولي التشبيكي للعلم في هذه الحالات والذي يجعله ملائماً لتحقيق غايات إيجابية يجعل من الصعب أيضاً الحيلولة دون إساءة استخدامه.

لكننا لا نستطيع حتى أن نبدأ معالجة الآثار الإيجابية أو السلبية للإنجازات العلمية إن لم نفهم أولاً طبيعة الظاهرة التي نحللها. وتحقيقاً لهذه الغاية، فإن كتاب نشوء الأكاديمية العالمية الخفية يقدم خدمة لا تقدر بثمن، ليس عبر المساعدة على تطوير هذا الفهم فحسب، بل أيضاً عبر تحويل شروط النقاش في السياسات العلمية نحو النموذج الجديد الذي تقتضيه طبيعة العالم في القرن الحادي والعشرين.

فرانسيس فوكوياما

برنارد ل. شوارتز، أستاذ الاقتصاد السياسي الدولي

مدير برنامج التنمية الدولية

بول هـ. نيتز، كلية الدراسات الدولية المتقدمة

جامعة جونز هوبكنز

شكر وتتويه

أنفقت أكثر من ست سنوات في إجراء الأبحاث والمقابلات مع أفراد أكثر من أجل إنجاز هذا الكتاب. وتلقيت دعماً له من "برنامج الدمج العالمي" التابع لمؤسسة روكفلر (نيويورك)، وأنا ممتنة كل الامتنان لمديرة البرنامج جانيت مون على اعتقادها بهذا المشروع وعلى ما قدمته من دعم وتشجيع، فمن دونها ما كان إنتاج هذا الكتاب ممكناً.

أنجزت الشطر الأكبر من هذا الكتاب في مركز السياسات الدولية للعلوم والتكنولوجيا في جامعة جورج واشنطن في العاصمة واشنطن، وأنا ممتنة لنيكولاس فونورتاس في جامعة جورج واشنطن على دعمه وتشجيعه وعلى توفير المنزل الذي كتبت فيه الكتاب.

أجريت جزءاً كبيراً من بحثي، من أيلول/سبتمبر 2001 حتى ربيع 2004، كمشروع بحثي في "كلية أمستردام لأبحاث الاتصالات" (ASCOR) وفي "كلية جامعة هولندا للعلوم والتكنولوجيا والثقافة الحديثة" في جامعة ماستريخت. لم يكن لويت ليدسدورف الذي شجعتني وأعانني مصدر إلهام لي فقط، بل كان أيضاً بمنزلة دليل رائع عبر المواد والأدوات والأفكار اللازمة لإكمال الكتاب. ورغم أن العديد من الأفكار في هذا الكتاب يمكن أن ترجع فكرياً إلى كثير من الأشخاص الآخرين، لكن لويت ليدسدورف هو الذي وهبها الحياة لأستفيد منها. وأود أن أشكر أيضاً المحررة في مطبعة مؤسسة بروكينغز، ماري كواك، التي اهتمت بهذا الكتاب اهتماماً شخصياً وحسنته كثيراً أثناء عملية الإعداد.

ينبغي أن أشكر أيضاً أشخاصاً كثيرين على تشجيعهم ودعمهم وعلى ما قدموه من المعلومات والملاحظات والتعليقات (feedback). وأخص بالشكر بول دوفور من

"مركز أبحاث التنمية الدولية" (IDRC) في تورنتو في كندا، الذي استخدم مهاراته الاجتماعية المدهشة لتسهيل اتصالي بكثير من الأشخاص الذين قدموا مدخلات لهذا المشروع، بمن فيهم جين وو من "مركز أبحاث التنمية الدولية"، وجيوف أولدهام من "جامعة ساسكس" في برينتون في المملكة المتحدة، وفرانيسكو ساغاسي من "مؤسسة (FORO) الوطنية" في ليما في البيرو، وكالستوس جوما من "مركز بلفر للعلوم والتكنولوجيا" من كلية جون ف. كينيدي للإدارة الحكومية بجامعة هارفارد، وكيث بيزانسون من "المعهد الدولي للتنمية المستدامة" في وينينغ من ولاية مانيتوبا في كندا. لا بد أن أذكر أيضاً جوزيفين شتاين (من قسم دراسات الابتكار ضمن جامعة غرب لندن في المملكة المتحدة) فهي من طلبت المقالة التي كانت فاتحة هذا الكتاب عندما كانت ضيفة على قسم التحرير في مجلة العلوم والسياسات العامة.

وأقدم بشكر خاص لرؤية بيتر جونستون وموظفيه من "وحدة الرصد والتقييم في المفوضية الأوروبية" (بلجيكا). فمعظم الأساس النظري للحجج التي يذكرها الكتاب أخذ شكله كجزء من مشروع ضمن هذه المجموعة. كذلك فقد أفادني كثيراً من جامعة جورج واشنطن كل من الزملاء ديفيد غريمر وروبرت ريكروفت وهنري هيرتفيلد وجون لوغسدون ولورين هول وكريستي فانيلي.

كما ساعدني في "مركز أبحاث السياسات لمؤشرات الأبحاث والتطوير" من جامعة لوفان (بلجيكا) وولفغانغ غلانزل ومارتن ماير وزملاؤهما في نواح كثيرة. وأشكر أيضاً نيل ستيفينسون المؤلف المقيم في الولايات المتحدة الذي كان أول من وجهني إلى الاهتمام بتاريخ "جمعية لندن الملكية" ودور ج. كومينوس في تشكيل الكلية الخفية.

ولن أنسى سيلفان كاتز، وهو زميل من "وحدة أبحاث السياسات في العلوم والتكنولوجيا" في جامعة سسكس (برايتون، المملكة المتحدة) وأستاذ مساعد في الرياضيات والإحصاء في جامعة ساسكاتشوان من ولاية ساسكاتون في كندا الذي وجهني بصبر شديد عبر المؤلفات التي تتحدث عن التعقيد والنظرية.

وأثناء كتابتي للكتاب، حظيت بفرصة عظيمة لتبادل الأفكار في ورشة عمل نظمته كيتي بورنر (جامعة إنديانا، بلومينغتون)، وهي التي تتميز بصفات القائد

المتبصر في مجال تصور المعلومات العلمية، فقد جذبت عدداً من الأشخاص معاً لحضور ورشة عمل في تطوير المجال، التي عقدت في "أكاديمية نيويورك للعلوم" في الرابع من نيسان/أبريل عام 2006. وقد ساعدني الأشخاص الذين التقيتهم في ورشة العمل من أجل تصور المواد وتنظيمها بهدف وضع هذا الكتاب. وأخص بالشكر جون بورغون من جامعة إنديانا في بلومينغتون وبرايفورد بيلى من "مؤسسة ديليو. بي. بيلى لوسائل الإيضاح" في نيويورك على العرض البصري المدهش الذي قدمه للتركز الجغرافي للعلوم. وأشكر أيضاً باريندز مونز من جامعة إيراسموس (روتردام، هولندا) على الإلهام الذي قدمه لي، وديك كلافلانز وكيفين بويك وكلاهما من "مؤسسة استراتيجيات تكنولوجيا العلوم" في نيو برنزويك من ولاية نيوجرسي على مساعدتهما في توضيح طرق القياس وتصور العلوم.

وهناك أصدقاء وزملاء آخرون قدموا مدخلات قيمة وملاحظات عميقة، بمن فيهم فرانسيس فوكوياما من "كلية بول نيتزه للدراسات الدولية المتقدمة" في جامعة جون هوبكنز في واشنطن العاصمة، وجويل غارو من صحيفة واشنطن بوست، وبيتر ستماير من جامعة أوريغون (يوجين)، وفيليب شابيرا وسوزان كوزينز من "جورجيا تك" (أتلانتا). وشارك زملاء من مركز الأبحاث حول الإبداع والتدويل (CESPRI - بولونيا، إيطاليا). بمن فيهم ستيفانو برستشي وفرانكو ماليربا ولورنزو كاتشي بعدد من جوانب نظرية الشبكات (Network theory)، وكذلك جوناثان كيف من جامعة وارويك (كوفنتري، المملكة المتحدة). كما قدم لوتشيو بيجيرو من جامعة لويس في روما ملاحظات مهمة، وساهم فرانسيسكو سيركوفيتش من منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية - اليونيدو (UNIDO) في فيينا بدعمه وملاحظاته على جزء من البحث في عدة فصول. وأشكر أيضاً جيري سولينغر من مؤسسة راند (RAND) (سانتا مونيكا، كاليفورنيا) على مشاركته لي بقدرته الفريدة في تنظيم الأفكار ضمن حبكة جيدة.

وأنا مدينة بالشكر أيضاً لكل من إيدوين هورلينغز من معهد رايناو في لاهاي، هولندا، وأريندام دوتا وريان جاكسون زملائي في مؤسسة (RAND) على مساعدتهم في قياس القدرات العلمية وفهمها.

وقد حظيت أيضاً بدعم ممتاز من عائلتي في جميع مراحل المشروع. وخاصة أخي جون دين فاغر الذي كان يمدني بالدعم والحماسة بلا كلل، وزوجي دينيس ماكينتوش، الذي قدم لي دعماً غير مشروط هو وأطفالي جوليا وكريغ ونورا. وأنا أهدي هذا العمل لذكرى أختي الغالية ماري بات فاغر التي توفيت في فترة كتابتي هذا الكتاب.

وأتمن أيضاً مساعدة العاملين في مكتبة الكونغرس وجمعية لندن الملكية على إتاحة المجال أمامي للوصول إلى كتب نادرة.

ظهور الأكاديمية العالمية الخفية

إذا كنت مصيباً في مسألة تسطح العالم، فسوف نتذكر هذا الحدث على أنه واحد من التغييرات الأساسية، مثل ظهور الدولة القومية أو الثورة الصناعية، التي أدت كل منها في زمانها إلى إحداث تغييرات في دور الأفراد ودور الحكومات وشكلها وفي أسلوبنا السابق في الإبداع وطريقة أدائنا الأعمال في ذلك الوقت... وكذلك المنهج الذي اتبعناه في إجراء الأبحاث والعلوم.

توماس ل. فريدمان (Thomas L. Friedman)،
العالم مسطح: تاريخ موجز للقرن الحادي والعشرين
(نيويورك، فارار وستراوس وجيروكس، 2005).

يعرف العلم على نحو عام على أنه المعرفة المنهجية بالعالم الطبيعي، وهو بذلك يعد البشرية بحياة أفضل. لقد ساعد التقدم العلمي عبر التاريخ في إنقاذ ملايين البشر من الأمراض والمجاعات والفقر. وما اكتشاف البنسلين وإنتاج البذور ذات الإنتاجية العالية وتوزيع الكهرباء إلا بضعة أمثلة على السبل التي أسهم بها العلم في الرفاه الاجتماعي في القرن العشرين. بل إن هذا التقدم العلمي ترك في كثير من البلدان آثاراً أكثر عمقاً عبر دفع النمو الاقتصادي والمساعدة على إيجاد طبقة متوسطة كبيرة الحجم عالية النشاط يعتقد كثير من واضعي النظريات أنها شرط أساسي مهم للديمقراطية. في حين لم تتمكن بلدان أخرى من جني مثل هذه المنافع فضلاً عن التوزيع غير العادل للمكاسب المتحققة من المعرفة العلمية وتطبيقها منذ ولادة العلوم الحديثة في القرن السابع عشر، الأمر الذي أسهم في اتساع الفجوة بين العالمين المتقدم والنامي¹. وأنا أسعى في هذا الكتاب إلى توضيح السبب في ذلك، إضافة إلى تقصي كيفية تغير العلم وكيف يستطيع إطار عمل جديد لإدارة العلم أن يساعد في ردم الهوة بين من يملكون العلم ومن لا يملكونه.

كما يشير "توماس فريدمن" في مقدمة هذا الفصل، فإن تنظيم العلم يتغير وفق أشكال أساسية. ويختلف حجم هذه التغيرات فيكون أقل وأكثر اتساعاً في الوقت نفسه عما يشير إليه فريدمن. ورغم تسارع انتشار البيانات والمعلومات والمعارف العلمية، إلا أن عالم العلم يبقى بعيداً عن التسطح؛ أما تركيزه فقد انتقل من المستوى الوطني إلى العالمي. لكن الشبكات ذاتية التنظيم الممتدة حول العالم تتمتع بالسمة الأبرز بين سمات العلم اليوم، إذ تشكل هذه الشبكات كلية خفية للباحثين الذين يتعاونون معاً لا لأن التعاون مطلوب منهم، بل لأنهم يريدونه، وللعلماء الذين يعملون معاً لا لأنهم يعملون في مختبر واحد أو حتى ضمن اختصاص واحد، بل لأنهم يستطيعون تبادل أفكار أو معارف أو مهارات تحقق التكامل في ما بينهم.

تربط هذه الشبكات بروابط افتراضية بين علماء يعملون في بلدان متباعدة، وهي تنظم زبده أعمال الباحثين المادية المتواصلة حول العالم؛ إنها تقدم إطار العمل الذي يتم ضمنه تكوين كل الفرق البحثية وتعديلها وتفكيكها وإصلاحها، وهي تجمع علماء من خلفيات متنوعة ثم تعيدهم مرة أخرى وقد تشاركوا في معارف جديدة. وهكذا نرى أن القرن الحادي والعشرين أعطى دوراً ثانوياً لإذابة بوتقة العلم أو المواطنة أو الولاء، بينما أصبح الطموح والفضول العلمي القوتين الرئيسيتين العاملين في الأكاديمية العالمية الخفية.

وبالمقابل، كانت الوطنية العلمية في البلدان التي تعدّ المعرفة العلمية قيمة وطنية هي النموذج السائد في القرن العشرين، حيث عكفت السياسات الوطنية ووزارات العلوم الوطنية على تمويل الأبحاث العلمية وضبطها وتوجيهها نحو تحقيق التقدم في الأهداف المحلية، مثل الرخاء الاقتصادي والقوة العسكرية، وغالباً ما كانت فرص التعاون مقيدة بالتنافس الوطني. وقد استطاع هذا النهج أن يحقق لهذه البلدان مبالغ طائلة لقاء الاستثمار في ثرواتها ومواردها وثقافتها والاحتفاظ بها والاستفادة من مجموعة واسعة من الإنجازات المتحققة في المعرفة، لكنه ترك خارج هذا السرب بلداناً كثيرة تمثل مجموعها غالبية سكان العالم.

إن ظهور الأكاديمية العالمية الخفية ينتج تحديات وفرصاً لتعزيز الرفاه الاجتماعي والنمو الاقتصادي، ويمنح البلدان النامية على وجه الخصوص فرصة ثانية من أجل وضع استراتيجيات تسمح بالاستفادة من المخزون المتراكم من المعرفة

العلمية وتطبيق ما تتعلمه لحل المشكلات المحلية. وأنا أسعى في هذا الكتاب إلى إرساء الأساس لمثل هذه الاستراتيجيات عبر وصف الأكاديمية العالمية الخفية وشرح طريقة عملها، فأقدم عبر تطبيق المعرفة المكتسبة من التطورات الحديثة في نظرية الشبكة إطاراً لفهم مؤسسة العلم في القرن الحادي والعشرين²، مستخدمة مزيجاً من البيانات الكمية والنوعية لوصف الشبكات العالمية وتحديد القواعد المستخدمة وقوداً في تشغيلها ونموها. وتمثل هذه المعلومات أساساً لمناقشة التحديات المتصلة بالسياسات التي يفرضها ظهور العلم التشبيكي (networked science)، إذ لم يعد ممكناً وضع سياسات العلم على أساس الحدود الوطنية مع أن الأمم لا تزال تؤدي دوراً مهماً في تشجيع النشاط العلمي وتنظيمه. ولأن الهيكليات التي تنتج المعرفة ليست مقيدة ضمن الأمم، فإن إدارتها ضمن الحدود الوطنية لم تعد ممكنة. ولا بد من مبادئ جديدة لتوجيه السياسات العلمية اليوم وفي المستقبل.

أصول الأكاديمية العالمية الخفية

مع أن الكلية الخفية اليوم أشبه بظاهرة تنتمي إلى القرن الحادي والعشرين، فإنها أيضاً تمثل عودة ظهور فكرة قديمة. يتبين من استعراض التاريخ أن الكلية الخفية ليست جديدة على العلم، فهذا هو المصطلح ذاته الذي استخدم لوصف مجموعة من العلماء المستقلين المتشاهمين في طريقة التفكير والذين هم أول من استخدم الملاحظة والتجريب لدراسة الطبيعة في القرن السابع عشر. لقد كان العلم في ذلك الزمن نتاج عمل فلاسفة في مجال الطبيعة كانوا عادة ما يستخدمون وسائل مستقلة مثل السيد إسحق نيوتن وعالم الكيمياء الإيرلندي روبرت بويل. ولأن هؤلاء الأشخاص كانوا متحررين من نفوذ الحكومة إلى حد بعيد، فقد تبادلوا المعلومات والأفكار بلغة عالمية (هي اللاتينية) دونما اعتبار للحدود التخصصية (التي لا تكاد تكون موجودة في ذلك الزمان). وكما هي الحال اليوم، أصبحت الشبكات ميزة في المؤسسة العلمية والتحقيق العلمي، حيث عمل العلماء الأوائل على تبادل الأفكار كجزء من سعيهم المشترك وراء المعرفة.

وعلى مر القرون، تقدم العلم شوطاً طويلاً انطلاقاً من أصوله وتزايد طابعه المهني. وتم إنشاء المختبرات، مثل مختبر بيير وماري كوري، للتركيز على

موضوعات اختصاصية مثل علم الأحياء والفلك والفيزياء والطب. ثم تلت هذا عملية تأميم عندما توحدت الولايات في دولة واحدة في القرنين التاسع عشر والعشرين، وبدأت الحكومات توسيع سلطتها على النشاط العلمي عبر إنشاء مؤسسات علمية وطنية، مثل "المركز الفرنسي الوطني للأبحاث العلمية" (CNRS) الذي أنشئ عام 1939، والذي يدير اليوم أكثر من ألف من المجموعات البحثية في أنحاء البلاد.

وقد كان من شأن التنافسات الاستراتيجية والمنافسة الاقتصادية الشديدة أن حفزت كمية هائلة من الاستثمارات المماثلة في "العلم الكبير" في بلدان أخرى، وخاصة في أعقاب الحربين العالميتين اللتين أظهرتا قدرة العلم على تعزيز القوة العسكرية. أحكمت الحكومات الوطنية قبضتها على العلم وأنفقت استثمارات ضخمة في كل من المؤسسات البحثية العسكرية والمدنية، وصبت مؤسسات مثل "مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية" و"أكاديمية العلوم الروسية" استثمارات مكثفة في العلوم الأساسية، بينما استثمرت الوكالات الشقيقة في مشروعات بارزة صممت لإحداث هالة من القوة والهيبة الوطنية، مثل السباق إلى القمر والكفاح من أجل إيجاد علاج للسرطان. وفي الآونة الأخيرة، تغيرت هيكلية العلم مرة أخرى مع ظهور الأكاديمية العالمية الخفية. هناك خمس قوى تقف وراء التحول في هيكلية العلم يمكننا الاستعانة بها لفهم هذا التطور المهم:

- **الشبكات:** تتألف الشبكات من اتصالات وروابط بين العلماء، ويمكن أن تكون هذه الروابط ضمن المؤسسات الرسمية أو المشروعات القائمة، لكنها لا تتوقف عندها. وهي تتكون عبر اللقاءات والمصالح المشتركة وتمتد على مساحات جغرافية واسعة. ليست هذه الشبكات مصممة أو مكرسة لشخص محدد، وهي ليست عشوائية أيضاً، بل تعمل وفقاً لقواعد وديناميات محددة تختلف عن نظيراتها التي حكمت مؤسسة العلم منذ الحرب العالمية الثانية على أقل تقدير. وسوف يكون واضع السياسات إذا تسلحوا بفهم لهذه الديناميكيات، في وضع أفضل للاستفادة من نقاط القوة التي تتمتع بها الكلية الخفية.

- **النشوء:** تنشأ الشبكات بين العلماء استجابة إلى المعلومات الجديدة والروابط الجديدة والفرص الجديدة. ليس العلم نظاماً قائماً على القيادة والمراقبة؛

فالنقاط المشتركة بينه وبين النظام البيئي أكثر من نقاطه المشتركة مع الشركة. تنشأ الأفكار الجديدة من عملية الجمع بين الأشخاص والمزج بين المعارف ثم تتكرر العملية، حيث يقوم الباحثون الذين يتمتعون بحرية في تحديد مجموعات الأشخاص والأدوات التي يمكن أن تساعدكم لتحقيق التقدم في عملهم بتنظيم أنفسهم ضمن مجموعات. وينبغي تسخير نشوء هذه المجموعات وتعزيزه في عصرنا التشبيكي كقوة مؤثرة في إحداث المعرفة.

- الانتشار: الأفكار تنتشر في كل مكان، فرى الباحثين المتدربين ينتقلون إلى أماكن تعزز وصولهم إلى الموارد وتجعلهم يسهمون على نحو أفضل بمواهبهم في وعاء المعرفة العلمية. وكذلك تنتشر المعرفة والمعلومات، وتنشأ روابط غير متوقعة من البيانات الموضوعة على الإنترنت أو المتبادلة بين الباحثين، بل غالباً ما نجد أن الباحثين لا يعلمون أنهم سوف يجدون مجموعة مفيدة من بيانات حتى يعثروا عليها مصادفة ضمن إطار ملكاتهم المتميزة المعروفة في ميدان الاكتشاف العلمي. ومن خلال التشجيع على انتشار الأشخاص والمعلومات والأفكار خارج الحدود السياسية، يمكن للكلية الخفية أن تحقق تجميع المعارف بصورة أكثر فاعلية وكفاءة من "القومية العلمية".

- قوة الارتباط: ما زال المكان (الموقع) مهماً في العلم والإبداع³، وما زالت اللقاءات وجهاً لوجه ضرورية بالرغم من تأثير ثورة المعلومات. وفوق هذا كله، تتطلب بعض العلوم معدات باهظة الثمن كبيرة الحجم لتطوير الأبحاث وجعلها قوية الارتباط بالمقارنة مع الحقول الأخرى. وتتطلب علوم أخرى موارد لا تتوافر إلا في مواقع محددة. وتشجع قوة الارتباط هذه على التجمع الجغرافي أو على تركيز النشاط العلمي. وقد تصبح هذه المجموعات مثمرة جداً لأنها تمثل نقطة تلتقي فيها الموارد والأشخاص والأفكار، إذ يعدّ التجميع سمة أساسية في نظام المعرفة. وبالرغم من توزع البحث العلمي عبر كامل المشهد، لكن لا بد أيضاً من أن تفسح السياسات مجالاً للتخصص.

- التوزع: صار العلم مسألة احتكاك وتواصل بعد أن كان مملكةً للبعثريات الفردية. وأصبح العلماء والمهندسون في أنحاء العالم منتبهين بنسبة متزايدة للمنافع المتحققة من اجتماعهم معاً ضمن فرق يعتمد بعضها على بعض في توزيع

المهام⁴. وغدا هذا التعاون ممكناً بفضل النمو الكبير في القدرات العلمية في القرن الماضي، وكذلك بفضل نمو التقنيات القائمة على الإنترنت. إن تزايد الاعتماد على توزيع المهام يعني أن الباحثين أصبحوا غير مضطرين إلى الاجتماع في المكان نفسه مع نظرائهم المتعاونين معهم، وكذلك لم يعد لازماً عليهم أن يكونوا في المكان نفسه الذي تظهر فيه المشكلات التي يسعون إلى حلها. إن هذا الاتجاه نحو التوزيع يحدث فرصاً جديدة للعلماء وواضعي السياسات للحصول على المعرفة أينما كانت.

ثورة الاكتشافات

تتضح بعض هذه القوى وآثارها عبر مشروع سُمِّي بيبوساكس (BeppoSAX)⁵، والذي صمم في الأصل على صورة تعاون بين علماء فلك إيطاليين وألمان لدراسة نشأة الكون. وكان من شأن هذا الجهد أن جمع علماء الفلك في أنحاء العالم في نهاية المطاف.

إن أشعة غاما، وهي انفجارات ضوئية تصدر عند موت النجم، واحدة من أهم مصادر البيانات عن طبيعة العالم في لحظاته الأولى. ولم تكن أشعة غاما قبل افتتاح مشروع "بيبوساكس" تدرس إلا نادراً، وذلك في بعض المناسبات إذ كانت تُلتقط بالأقمار الصناعية التي كانت مهمتها الأساسية مسح الكرة الأرضية بحثاً عن اختبارات للنظريات الذرية لم يعلن عنها. وكان القمر الصناعي "إكسبلورر 11" الذي أطلق عام 1961 أول قمر صناعي يحمل تلسكوباً لأشعة غاما، وكان يلتقط حتى 22 عملية ظهور لأشعة غاما في الأشهر الأربعة الأولى من تشغيله، فأعطى لمحة مشوقة من البيانات الإضافية التي من الممكن جمعها عبر قمر صناعي مصمم لهذا الهدف⁶.

وفي بداية التسعينيات قامت مجموعة من علماء الفلك في "معهد روما لفيزياء الفضاء والفيزياء الكونية" (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Roma) بإطلاق مشروع بناء قمر صناعي مكرس لمراقبة الأشعة السينية للغايات العلمية، بصورة مستقلة عن مهمة التحسس التي تقوم بها أقمار إكسبلورر الاصطناعية. وسرعان ما جذب المشروع دعماً دولياً مع مشاركة من باحثين في

"المؤسسة الهولندية لأبحاث الفضاء" (Stichting Ruimte-Onderzoek Nederland).

يقول ماركو فيروتشي (Marco Feroci) من معهد روما لفيزياء الفضاء:

إن صنع قمر صناعي مكلف جداً، لذلك عليك أن تقوم بأفضل عمل ممكن منذ البداية. وحتى تحصل على التمويل، ينبغي أن تقنع السلطات السياسية بأنك تعمل في العلم الأفضل. لقد كان لدينا فريق من علماء الفلك الإيطاليين من جميع أنحاء إيطاليا، لكننا احتجنا علماء ذوي خبرة في استخدام وتصنيع وتطوير الآلات، وكان الهولنديون هم الأفضل في هذا النوع من التجهيز عندما بدأنا مشروعنا، لذلك قمنا بالتواصل معهم.⁷

تعاونت عدة شركات إيطالية وهولندية على إنشاء القمر الصناعي "بيوساكس" الذي أطلق في نيسان/أبريل من عام 1996 واستمر في عمله حتى عام 2002.⁸ كذلك أنشأ فريق بيوساكس شبكة عالمية من الباحثين لمتابعة البيانات التي يجمعها القمر الصناعي. وكما يوضح "ليجي بيرو" (Luigi Piro) مدير المكتب العلمي لمشروع بيوساكس: "صممت هذه التجربة من البداية لتكون شبكة، وقد شارك فيها خمسون من المراقبين. وهذه الطريقة استطعنا أن نتبادل البيانات بسرعة كبيرة، إذ كنا نرسل المعلومات إلى شبكة البريد الإلكتروني في لحظة وصول النتائج إلى الموقع [الذي احتضن حدث أشعة غاما]. وكان باستطاعة أي شخص لديه نتائج أو رأى شيئاً ما أن يرسل ما لديه من معلومات إلى الآخرين بالبريد الإلكتروني".⁹ وهذه الطريقة أدى مشروع "بيوساكس" وظيفتين معاً، فكان شبكة اجتماعية للباحثين وشبكة تقنية تستخدم الإنترنت للربط بين الأجهزة العلمية.

وعندما قام فريق "بيوساكس" بتجميع بيانات عن أحداث ظهور أشعة غاما، أصبح أعضاء هذا الفريق المتعاونون يجذبون على نحو متزايد علماء الفلك العاملين على مسائل ذات صلة. وسرعان ما كثرت الطلبات على هؤلاء الباحثين من أجل المشاركة في تأليف الدراسات. ويوضح "بيرو" وجود عاملين اثنين استند الفريق إليهما للبت في قبول الطلبات المقدمة:

درسنا كلاً من جودة بياناتها وسمعتها، وهي ذاتها من حيث الأساس. قمنا في البداية باختصار السمعة الأفضل في المجال لأن هذا يضمن جودة البيانات في المقام الأول. كانت لدينا بيانات عن أشعة غاما بينما كانت لدى المجموعات الأخرى بيانات مكتملة عن أطوال موجات أخرى. لم نستطع التحقق من جميع بياناتها! لذلك اعتمدنا على سمعتها الجيدة في التأكد من أن لديها بيانات جيدة. ثم تبادلنا معها المعلومات فحصلنا على فهم أوسع لنتائجنا.¹⁰

ويضيف: "لقد بنينا الثقة عندما عملنا مع أشخاص من أنحاء العالم كافة، وتطورت هذه الثقة مع الوقت. وهذا ما أدى إلى نجاح عمليات التعاون". وأدى هذا التعاون إلى نشر نحو 1500 مقالة بالاستفادة من بيانات "بيوساكس"¹¹.

لقد تيسرت هذه الإنتاجية بفضل القرار غير العادي الذي اتخذته فريق "بيوساكس" عندما جعل بياناته متاحة مجاناً لأي شخص. بينما كان "معهد فيزياء الفضاء" (the Istituto di Astrofisica Spaziale)، وهو معهد تموله الحكومة، يسعى في السابق إلى حماية وتأمين أي بيانات يحصل عليها. لكن "بيرو" وزملاءه أصبحوا مقتنعين في المراحل الأولى من مشروعهم أن التوزيع المفتوح هو الطريقة الأفضل لترويج بحثهم. وهذا ما أوضحه "بيرو" عندما قال:

ناقشنا هذه المسألة في فريقنا إلى حد لا بأس به. أردنا أن نشارك الآخرين بياناتنا، لكننا لم نكن متأكدين من كيفية القيام بذلك. صحيح أن لدى الباحث الحق في استكشاف أدواته أو بحثه، لكن ينبغي أن يستفيد المجتمع كله أيضاً. لذلك قررنا أن ننزل عن حقنا في الاحتفاظ بالبيانات [عن موقع أشعة غاما] لأنفسنا وشاركنا الآخرين فيها على الفور. ولم يكن ذلك هو المعيار المتبع في ذلك الوقت. لكنه كان قراراً جيداً لأنه ساعد على إجراء البحث الذي أدى إلى حصاد البيانات في النهاية. ومثلما شاركنا الآخرين في بياناتنا، شاركنا الآخرون في بياناتهم أيضاً¹².

يبين هذا القرار أن فريق "بيوساكس" لم يكن يستشعر أشعة غاما فقط، بل كان يتلمس تحول العلم إلى ما وراء حدود الدولة القومية. وهكذا نرى أن السمات المميزة للكلية الخفية الجديدة تتمثل جميعها في التعاون على تأمين المعدات والاعتماد على شبكة واسعة وتوزيع البيانات على نطاق واسع والحاجة إلى التنسيق وقيمة الانفتاح.

ردود الفعل الأولى على الأكاديمية العالمية الخفية

إن نشوء شبكات اجتماعية ذاتية التنظيم بين العلماء، مثل فريق "بيوساكس" لأشعة غاما، هو تغيير لخريطة العلم عبر العالم وتغيير للقواعد المتبعة في إجراءاته. لكن واضعي السياسات في البلدان المتقدمة كانوا بطيئين في إدراك أهمية هذه الشبكات. ففي الولايات المتحدة في نهاية تسعينيات القرن الماضي، لم تكن لدى معظم واضعي السياسات معرفة واضحة بنظام العلم العالمي. ولم يَرَ كثير منهم ضرورة ملحّة في

الاهتمام بالعلوم العالمية الناشئة والنظام التكنولوجي الجديد، وذلك ربما بسبب الحجم الهائل لنظام العلم في الولايات المتحدة. بينما رأى آخرون العلم الدولي جزءاً ملحقاً بالعلوم الأمريكية. وفي محاولة لتفسير السبب في أن وكالات العلوم الأمريكية لم ترَ حاجة إلى استراتيجية عالمية، يقول أحد موظفي الكونغرس: "العلوم الدولية ليست إلا شكلاً آخر من المساعدة الدولية"¹³. ولم يمنح اهتمام يذكر للتوصيات المقدمة للوكالات الأمريكية بضرورة أن تعمل على الاستفادة من التعاون العلمي الدولي ورعايته. واستمر عدم اهتمام وزارة الخارجية الأمريكية بالعلوم الدولية موضوعاً للنقاش في الاجتماعات حول السياسات العلمية وبين المشاركين في الدعوة إلى العلم، لكن الزواج بين العلم والسياسات الخارجية ظل بمثابة شراكة عزيزة المنال.

لكن الاتحاد الأوروبي اعتمد نهجاً مختلفاً فسعى بداية في أواخر التسعينيات إلى تشجيع التعاون في العلوم بين الدول الأعضاء كجزء من جهوده الرامية إلى إنشاء "حقبة أبحاث أوروبية" (European Research Area)¹⁴. وحددت الشركات في سلسلة من برامج أطر العمل لأغراض البحث والتطور التكنولوجي أولويات موضوعية، مثل البحوث واسعة النطاق أو النقل، مع جعل التمويل مشروطاً بالتعاون بين اثنين أو أكثر من بلدان الاتحاد الأوروبي. وكانت نتيجة ذلك نمو التعاون العلمي بصورة سريعة في أوروبا. لكن الاهتمام كان ضئيلاً بالشركات خارج حدود الاتحاد الأوروبي.

لم يكن التركيز داخلي التطلع في المؤسسات العلمية المتقدمة مهمة لا جدل فيها إذ أصبحت دعوات الأمم المتحدة والبنك الدولي إلى تسخير العلم لأغراض التنمية أمراً متزايد الشيوع في التسعينيات، ووضعت البرامج موضع التطبيق لمواجهة ظاهرتي "هجرة الأدمغة" و"الفجوة الرقمية" اللتين انطوتا على هيكلية ربح أحد الطرفين على حساب الطرف الآخر في المعرفة العلمية. وفي الوقت نفسه، ركزت مؤسسات أخرى على بناء القدرات العلمية في البلدان النامية وعلى تشجيع الروابط مع المؤسسات البحثية في العالم المتقدم.

لم يحقق أي من هذه الأساليب السياسية أرباحاً كبيرة على نحو خاص، إذ وجد واضعو السياسات الأمريكية أنفسهم تحت ضغط متزايد لتشجيع التعاون

العلمي الدولي، وتم بذل قدر كبير من الجهود الدبلوماسية للتفاوض بشأن اتفاقيات العلوم والتكنولوجيا، بالرغم من أن هذه الاتفاقيات لم تترك أثراً كبيراً في الاتجاه الفعلي للتعاون. فقد وجد واضعو السياسات في الاتحاد الأوروبي أن المشروعات الرامية إلى تعزيز منطقة الأبحاث الأوروبية غالباً ما كانت تشمل أعضاء من خارج الاتحاد الأوروبي، وهو ما سبب التباساً بشأن الجهة المستحقة لفوائد البحوث المنفذة. ورأت وكالات التنمية أن الجهود المبذولة لبناء القدرات في العلوم والتكنولوجيا لم تثبت على نحو جيد في البلدان الفقيرة، وأن محاولات إنشاء الروابط بين البلدان المتقدمة والنامية أظهرت وجود تحديات صعبة¹⁵.

كذلك فإن الجهود التي بذلتها حكومات الدول النامية لمحاكاة البنية التحتية واستثمارات الدول المتقدمة علمياً لم تحقق أهدافها في معظمها، والسبب غالباً هو تصميم سياسات خاطئة. فمثلاً، وضعت كثير من الحكومات سياسات واضحة للصناعة وللعلوم والتعليم، وكل منها مصمم لتوليد معرفة جديدة أو حل مشكلات محلية، لكن بقدر قليل من التقاطع بينها. كذلك غالباً ما يتم وضع السياسات من قبل ثلاث وزارات مختلفة (وهي عادة الاتصالات والصناعة والعلوم/التعليم) مع حد أدنى من التحفيز على تنسيق بعضها مع بعض. إضافة إلى ذلك، فقد وضعت كثير من الحكومات، كجزء من سياسات العلوم والتكنولوجيا، لوائح بمجالات الاستثمار ذات الأولوية. وبما للأسف، نجد أن هذه اللوائح تميل إلى العمومية، تعكس المجالات "الساخنة" في العلوم العالمية - مثل الكيمياء الحيوية أو علم الوراثة أو المواد النانوية (nanomaterials) - بدل أن تكون جهداً لربط الاستثمارات ذات الأولوية بالمشكلات والقضايا المحلية. وبالمثل فإن انعدام الواقعية يعيق كثيراً من الجهود المبذولة لإيجاد نظم إبداع وطنية. لعل هذه الخطط جذابة في حد ذاتها، لكنها لا تلقى في أغلب الأحيان سوى القليل جداً من الدعم على شكل استعداد سياسي أو مخصصات في الموازنة.

والأهم من ذلك أن تصور هذه الخطط ضعيف عادة، فهي تقترح في معظمها بناء نظام وطني وفق خطوط القرن العشرين، بدلاً من أن تظهر نظام العلوم والتكنولوجيا الناشئ الذي سيكون بمنزلة بيئة للتنافس على المواهب والموارد والأموال في القرن الحادي والعشرين. إن هذه الجهود محكوم عليها بالفشل لأنها

تعمل حساب التحول من نظام علمي ذي تركيز وطني إلى آخر عالمي التركيز يقوم الباحثون، لا الهيئات الوطنية، بوضع القواعد ضمنه. يطرح هذا التحول تحديات جديدة أمام الحكومات التي أصبحت تمارس قدراً من السيطرة على العلم أقل مما كانت تمارسه في أوج العلم الكبير، لكنه ينتج أيضاً فرصاً جديدة، وخاصة بالنسبة للقيادة في المناطق النامية التي تشعر بأهمية نشوء الكلية الخفية. فنرى بعض واضعي السياسات اليوم يتعدون عن وضع نظم الابتكار الوطنية من أجل إنشاء نظم معرفية تبحث عن المعرفة على الصعيد العالمي وتنشئ الروابط المعرفية على الصعيد المحلي. وهذا التحول يتعد عن التركيز على بناء المؤسسات نحو التركيز على الوظائف (functions) التي تعزز المعرفة والقدرة على التكيف.

هذا المعنى، إن التأثير المتجدد لنموذج العلم التشبيكي يمثل خيراً جيداً جداً للبلدان النامية، فالشبكة العالمية نظام مفتوح يقدم فرصاً للوافدين الجدد، ولا سيما البلدان التي لم تشارك بنشاط في هذا النظام في القرن العشرين. لكن الشبكة ليست شفافة، وهي يمكن أن تعمل بقواعد غير مكتوبة، لكنها بالرغم من ذلك تعمل وفق قوانين ومعايير لا تخضع لسيطرة أي مؤسسة أو هيئة حكومية. ولا يمكن لأي مسؤول سياسي أن يعد أحداً بالعضوية في الأكاديمية العالمية الخفية، لكن تعلم القواعد والمعايير والآليات التي تحكم الشبكات يمكن أن يحسن نتائج السياسات.

تنظيم هذا الكتاب

من أجل توجيه الأكاديمية العالمية الخفية بالطريقة المناسبة وحتى تمتد فوائدها إلى الأماكن والأشخاص الذين كانوا مهمشين في السابق، ينبغي على العلماء وواضعي السياسات أن يفهموا مبادئها. لذلك فإن هذا الكتاب يركز على وصف وتوضيح العوامل الخمسة التي تحدد طبيعة العلم في بداية القرن الحادي والعشرين وشكله. وأنا أعرض، باستخدام النظرية والمثال، حالة من السياسات العلمية التي تعالج العلوم والتكنولوجيا بوصفها نظاماً تشبيكياً ناشئاً وليس ثروة وطنية.

إن القسم الأول من الكتاب، "إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معرفية"، يعيد ترجمة تنظيم العلوم على هيئة مجموعة من الشبكات العالمية الناشئة بدلاً من مجموعة المؤسسات الخاضعة للرقابة الوطنية. ويؤكد الفصل الثاني على

أهمية هذا التحول عبر وصف النظم التي تطورت عبر التاريخ - وهذه النظم كانت الأمم مدارها، لا الطبيعة - وأصبحت الآن طي النسيان. يهدف التعاون العلمي العالمي اليوم وبنسبة متزايدة إلى إحداث المعرفة لا إلى خدمة مصالح الأمم. وبالرغم من انتشار التعاون عبر جميع المجالات، إلا أنه يأخذ أشكالاً مختلفة في التخصصات المختلفة. ويمكن تحديد أربعة أنواع للنشاط التعاوني، والفصل الثاني يصف كلاً منها، وهي: المشروعات المنسقة والمشروعات الجيو تكنولوجية ومشروعات العلوم الكبرى والمشروعات الموزعة.

يحدد الفصل الثالث العوامل والقوى التي تدفع هيكلية العلم الناشئة في القرن الحادي والعشرين، عارضاً آخر ما توصل إليه العلم من نتائج في الفيزياء وعلم الأحياء والنظرية الاجتماعية، حيث أصبح العلم وبنسبة متزايدة مجموعة من الشبكات التكيفية المعقدة على المستوى العالمي. لكن هذه الشبكات التعاونية لا تتكون على نحو عشوائي، بل تنشأ من اختيارات مئات الأفراد الذين يسعون إلى تحقيق أقصى قدر من الرفاه. وهي تبدي تكراراً محدداً، بقدر ما تبديه الأسواق، ولا سيما العلاقات الضعيفة والعوالم الصغيرة وحجم الفائض والتبادلية وتفاعل الارتباط التفضيلي للتأثير على مسارات تدفق المعرفة وفي تحديد طريقة نمو الشركات وتطورها. وبفهم هذه القوى، يمكننا أيضاً أن نعرف السبيل الأفضل للاستفادة من الشبكات المرتبطة بها.

ويتناول القسم الثاني المعنون "متاهة العالم: فهم ديناميات الشبكات" تفاصيل القوى المحركة للكلية الخفية الجديدة. يستخدم الفصل الرابع بيانات كمية ليؤكد أن العلم العالمي يعمل بالفعل مثل شبكة، وأن هذه الشبكة تنمو بمعدل مذهش. ويوضح الفصل أيضاً كيف تتوسع الشبكة عبر التركيز على المحفزات الدافعة للأفراد الذين يشكلونها. وهو يبين أن نموذج التعاون في مجموعة واسعة من التخصصات يتبع توزيعاً حرراً يميز النظم التكيفية المعقدة ويستكشف القواعد السهلة التي تولد هذا التعقيد. ويناقش أيضاً دور التداول في الأكاديمية العالمية الخفية ويتحقق من آثاره على الدول النامية عبر التركيز على الفارق بين "هجرة الأدمغة" و"اكتساب العقول".

يستعد الفصل الخامس عن الأشخاص ليناقد دور المكان في الكلية الخفية. وبالرغم من أن التقنيات الجديدة تمكننا من تجاوز الحدود الجغرافية بطريقة كان

الصعب على الأجيال السابقة أن تتصورها، إلا أن جغرافية الكلية الخفية ليست افتراضية على نحو كلي، فلا يزال للمكان أهميته. ويبين الفصل الخامس سبب هذا ويستشرح كيف ينبغي أن يؤثر في عمليتنا الفكرية في توزيع الموارد العلمية ووضع استراتيجيات لنشر منافعها على نطاق أكثر اتساعاً. يتركز العلم حالياً في البلدان المتقدمة تركراً كبيراً، ويعود ذلك جزئياً إلى الدعم السياسي وإلى تراكم السمات التي تتمتع بها هذه البلدان مكانياً. وقد يكون هذا التركيز مفيداً في بعض الأحيان، بل ضرورياً، لكن توزيع المرافق والشرائط يكون أكثر ملائمة في حالات أخرى. كما يقترح الفصل الخامس طرقاً لإعادة تصميم السياسات العلمية على نحو يحقق توزيعاً أكثر إنصافاً لمنافع المعرفة العلمية. ويقدم الفصل أخيراً مفهوم الاستراتيجية المزدوجة التي تدعو في آن واحد إلى "توظيف" الاستثمارات و"الربط" بالشبكة العالمية.

أما الفصل السادس فيستفيد من هذا النقاش عبر معالجة قضايا القدرات العلمية والبنى التحتية العلمية التي تمثل شروطاً مسبقة للمشاركة في الأكاديمية العالمية الخفية، ويحدد القدرات ويحلل المؤسسات والوظائف التي تكوّن أركانها الأساسية. ويدرس الفصل أيضاً بدائل لنموذج القومية العلمية الذي يتطلب من كل دولة أن تستفيد من البنية التحتية العلمية الخاصة بها. واليوم، وبالرغم من ضرورة توفير العناصر الأساسية للبنية التحتية العلمية على المستوى المحلي، لكن لا ينبغي على الحكومة الوطنية أن تؤمنها جميعاً. إن البدائل تتضمن الاستفادة من التشارك على المستوى الإقليمي أو الدولي.

ويقدم القسم الثالث، "الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا"، الاستنتاجات المتعلقة بالنظام العالمي ضمن إطار الحكم. يعرض الفصل السابع السياسات الموصى بها لكل من البلدان المتقدمة والنامية، ويهتم بمسألة السياسات العلمية الشاملة الهادفة إلى توجيه الأكاديمية العالمية الخفية بطريقة تسمح بنشر منافعها على نطاق أوسع على الفئات التي كانت في السابق مستبعدة من المشاركة الكاملة. وسوف يتطلب الأمر صياغة آليات جديدة لدعم العلم واستخدامه استجابة إلى هذا التحول. لذلك فإن مهارة واضعي السياسات في صياغة هذه الاستراتيجيات سوف تحدد إلى حد كبير الرابح والخاسر بعد هذه الفترة الزمنية من التغير المعقد.

إن الهيكلية الاجتماعية الجديدة للعلم تفرض أمام كل من البلدان المتقدمة والنامية تحديات هائلة، بالرغم من تشعبها، إذ سيتعين على البلدان المتقدمة أن تعيد تحديد أدوارها بحيث تتوقف عن رؤية أنفسها كـ "مانحة" بل كمشاركة في نظام عالمي. وأمام الدول النامية فرصة فريدة للاستفادة من النظام المتغير عبر الارتباط بالشبكة ومن ثم إنشاء الروابط المعرفية محلياً. ويمكن للسياسات القائمة على المبدئين الأساسيين: التمويل المفتوح والوصول المفتوح، أن تساعد البلدان النامية على تحقيق هذه الأهداف.

إن التأثير الهائل للعلم في تنميتنا الاجتماعية والاقتصادية العالمية يثير تحدياً لفهم هيكليتها وديناميتها. وقد توقع مؤرخ العلوم "هيربرت بترفيلد" منذ أكثر من خمسين عاماً مضت أن تاريخ العلم الحديث قد يكتسب أهمية تكافئ أي شيء مر سابقاً في دراستنا لحالة الإنسان. وهو يقول إن العلم "سوف يكون مهماً بالنسبة لنا من أجل فهم أنفسنا مثلما كانت العصور اليونانية والرومانية القديمة مهمة لأوروبا أثناء حقبة من الزمن تزيد على ألف سنة"¹⁶. لكن وتيرة التغير سريعة جداً إلى حد أننا لا نستطيع انتظار المؤرخين لدراساتها. ينبغي علينا أن نفهم النظام في أثناء امتداده وتطوره. تلکم هي غاية هذا الكتاب.

ملحوظة عن المنهجية

أجريت بحثاً من أجل هذا الكتاب امتد عدة سنوات ووظفت طرائق نوعية وكمية. وقد شرعت بالبحث من العام الواسع إلى الخاص، بادئة بتحليل لشبكة العلم العالمية، مروراً بدراسة الشبكات ضمن التخصصات العلمية، وصولاً إلى تفصي الأساليب المتبعة في التواصل ومحفزاته بين العلماء. لكن البحث كان مدفوعاً في الأصل بسؤال واحد: ما هو السر وراء نمو التعاون الدولي في العلوم بهذا المعدل الهائل؟

وقد كان معياري في اختيار طرق الإجابة عن هذا السؤال هو مدى قدرتها على إظهار ديناميات العلاقات على المستوى العالمي. لكن من الصعب قياس الديناميات ضمن أي شبكة اجتماعية، وليس العلم العالمي مستثنى من هذه القاعدة. صحيح أن الاتصالات تظهر ديناميات الشبكة العالمية، لكنها تحدث عند مستويات مختلفة من

"الشكليات" وقد تكون سريعة الزوال¹⁷. وبالنتيجة، فإن هذه الدراسة تركز على نشاطات ذات طابع أكثر رسمية وهي التي ذكرت في المقالات المنشورة، في مقابل المشاركة في المؤتمرات التي تعدّ أقل رسمية بكثير وتمتد على مدة زمنية أقصر، إذ لا يمكن تحديد أي تواصل علمي، بالنسبة للغالبية، إلا بالآثار التي يخلّفها وراءه (مثل الدراسات التي يشارك عدة مؤلفين في وضعها). إضافة لذلك، لا يمكن قياس الاتصالات إلا إذا كانت مدونة أو منشورة¹⁸. ورغم أن هذه البيانات قد لا تمثل أكثر من غيض من فيض من جميع الاتصالات العلمية، لكنها قد تكون غنية بالمعلومات. فمثلاً، بتحديد المؤسسات الأم للمؤلفين، يمكننا أن نبين كيف يزيد توزع إنتاج المعرفة في العالم. ولأن المقالات تميل إلى تقديم نتائج الاتصالات الناجحة، فقد كانت الدراسة الإجمالية متحيزة إلى مصلحة عمليات التعاون التي أدت إلى نتائج ذات أهمية كافية جعلتها تحظى بالاهتمام على مستوى الأعمال المعتمدة (رسمياً) المنشورة التي يقوم الأقران باستعراضها. وقد قمت بأخذ جميع الأعمال المنشورة من قواعد بيانات "معهد المعلومات العلمية" (Institute for Scientific Information).

إضافة إلى تحليل هذا النوع من البيانات الكمية، أجريت عشرات المقابلات مع علماء ومهندسين كانت لهم مشاركة فاعلة في عمليات التعاون العالمي. ولأنني أجريت المقابلات مع أشخاص ذوي نشاط كبير في التعاون الدولي، فإن قصصهم تظهر النجاح في التواصل والتشبيك على مسافات بعيدة. أظهرت هذه المقابلات بعض الأسباب التي دفعت الباحثين إلى اختيار التعاون عبر المسافات الجغرافية وعبر التخصصات، فضلاً عن التحديات التي واجهتهم. كما أن عملية إجراء المقابلات ألقت الضوء على أسلوب الباحثين في الدراسة والعمل خارج بلدتهم الأم، وأسفرت أيضاً عن أمثلة زاخرة بالمعلومات حول الكيفية التي تمكن التعاون من إيجاد أساليب مبتكرة في إجراء الأبحاث. وقد استفدت من هذه المقابلات في عدة نقاط من الكتاب لتوضيح الاستنتاجات الناتجة عن البيانات وتوسيعها.

إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معرفية

إن البنية العظيمة للعلم التي أنشأت كتلة واسعة خلال الأعوام الثلاثمائة الماضية هي بنية متحركة غير ثابتة تتألف من أجزاء مفردة من المعلومات وذات صلابة كافية، لكن جميع الأجزاء تتحرك باستمرار وتتلاءم في ما بينها بطرق مختلفة وتضيف إليها أجزاء جديدة تزيد من زينتها كما لو أنها تطلب المشورة من المرأة فتعطي مجمل هذه الترتيبة شيئاً يشبه انعدام الموثوقية وعدم قدرة على التوقع لدى الأحياء. إن المعرفة البشرية ليست ثابتة، بل تتطور بفضل ما نسميه التجربة والخطأ، أو مثلما جرت العادة في الترتيب الخطأ والتجربة.

لويس توماس (Lewis Thomas)،
"في عدم يقينية العلوم" on the Uncertainty of Science،
مجلة هارفارد 83، رقم ذ (1980): 19-22

الفصل الثاني

طوبولوجية العلم في القرن الحادي والعشرين

ليس على الناس ولا الجهات الاجتماعية الفاعلة ولا الشركات ولا واضعي السياسات أن يقوموا بأي شيء للوصول إلى مجتمع الشبكات أو تطويره. فنحن في مجتمع الشبكات أصلاً، بالرغم من أن الشبكات لا تشمل كل شيء ولا جميع الأشخاص.

م. كاستل (M. Castells) وج. كاردوسو (G. Cardoso)،
"مجتمع الشبكات: من المعرفة إلى السياسات"
(نيويورك: مركز العلاقات عبر الأطلسي، 2006)

يلعب العلم على الصعيد العالمي دور شبكة، أو كلية خفية. ففي مقابل عمليات العلم على الصعيد الوطني، حيث تتولى الوكالات الإدارة وتقوم السياسات بتوجيه الاستثمارات، لا توجد وزارة عالمية للعلوم تربط الأشخاص على المستوى الدولي. ومع ذلك نرى أن معظم العلماء يتعاونون مع زملائهم في البلدان الأخرى. وكلما كان العالم (Scientist) أقرب للنخبة، كلما زاد احتمال أن يصبح في المستقبل عضواً فاعلاً في الكلية العالمية الخفية. يأتي هذا الفصل ليتقصى كيف بدأت الكلية الخفية ولماذا، وكيف يتم تنظيمها اليوم، ولماذا يكون الفهم مهماً لإدارة العلوم في القرن الحادي والعشرين. لكن دعونا أولاً نلقي نظرة سريعة على مثال يوضح ذلك.

من بايروييت إلى البرازيل

في ربيع عام 1997، ترك "ولفغانغ ويلك" (Wolfgang Wilcke)، وهو واحد من رواد علماء التربة في العالم، مختبر أبحاثه في بايروييت في ألمانيا واستقل طائرة إلى البرازيل مع واحد من طلاب الدكتوراه وهو "جوليان ليلينفاين" (Juliane Lilienfein)¹. وبالرغم من أنهما سرعان ما سوف يضطران إلى استعمال اللغة البرتغالية، إلا أنهما

تابعنا التحدث بلغتهما الأم الألمانية على الطائرة التي حملتهما إلى وجهتهما. وكان موضوع حديثهما الدائر هو كيفية التنسيق لمشروع أبحاث علمية مع قادة ثلاثة مشروعات مختلفة عبر ثمانية عشر موقعاً عبر المحيط الأطلسي. لقد كانت غاية "ويلك" و"ليلينفاين" من سفرهما إلى البرازيل هي دراسة التربة، وهي مهمة صعبة نوعاً ما. ولمزيد من التفصيل، كانا يحضّران لمشروع بحثي يمكنهما من معرفة طريقة إدارة السنظم الزراعية على نحو يقلل من ضياع المكونات الغذائية ويكمل الدورات الغذائية غير المغلقة. وكان هدفهما النهائي هو معرفة الطرق التي تجعل الزراعة أكثر استدامة في التربة الفقيرة.

لم يكن سبب سفرهما هو أن ألمانيا لا تحوي الكثير من التربة لدراستها، فهذا غير صحيح، بل لأن البرازيل جذبتهم لسببين اثنين. الأول هو التربة الاستوائية المعرضة بشدة للتحلل بفعل العوامل الجوية في منطقة سيراو البرازيلية، وهي منطقة غابات وأعشاب سافانا تغطي أكثر من مليوني متر مربع في وسط البرازيل. والسبب الثاني هو "لوريفال فيللا" (Lourival Vilela)، وهو أستاذ برازيلي عشق التربة أيضاً. وكان "فيللا" يقود فريقاً بحثياً يعمل على مسائل تتصل بالتربة تشبه ما يقوم به "ويلك" في وزارة الزراعة البرازيلية (والتي يطلق عليها عادة إمبابا) ضمن المعهد البرازيلي للأبحاث الزراعية الممول من الدولة. وكان مدير أبحاث "ويلك" قد تعرف على هذين الرجلين في مؤتمر عقد عام 1996 حيث اكتشفا وجود مصلحة مشتركة بينهما في المقارنة بين المكونات الغذائية في التربة في ظل ظروف زراعية مختلفة. وأدى نقاشهما إلى التعاون الذي جاء بـ "ويلك" إلى البرازيل.

أصبحت الظروف الزراعية المستدامة موضوعاً ساخناً في الدراسات البيئية في الثمانينيات وبداية التسعينيات من القرن الماضي. وعلم "ويلك" أن مشروع البحث التعاوني سيكون محفزاً ويمكن أن يؤدي إلى نتائج يمكن نشرها، وحنّ أن التحدي الذي يواجه الزراعة في الترب المدارية يمكن أن يجذب جهات مانحة. وجاء حدسه هذا في محله عندما حصل على تمويل من إحدى الجهات الحكومية الألمانية. وتقدم "فيللا" أيضاً بطلب تمويل من حكومته، وجذب المشروع دعماً إضافياً من مصدر آخر، وهو برنامج البنك الدولي الذي يركز على التربة والمياه وإدارة المكونات الغذائية. ثم بدأ "ويلك" و"ليلينفاين"، مدعومين بتمويل لبحثهما، في وضع خطط

لزيرة سيرادو حيث يعمل المزارعون هناك على زراعة فول الصويا في التربة المدارية الصعبة.

كان "وولفغانغ ويلك" أول من انجذب إلى مجال علم التربة بسبب الطبيعة المعقدة للتربة التي تضم تفاعلات بين عناصر المياه والأوكسجين والكائنات الحية والحياة النباتية، وقد تلقى دروساً في دراسات الغلاف الجوي والنباتات وعلوم الأرض والهيدرولوجيا (دراسة المياه) عندما كان طالباً في الجامعة وبعد أن تغلب على مئات المتقدمين الآخرين للدخول في برنامج للدراسات البيئية في جامعة ماينز. ووجد فرصة مغرية في تطبيق كل من الكيمياء وعلم الأحياء. كذلك فقد أعطته دراسة التربة إمكانية للسفر إلى أماكن رائعة لأن أنواع التربة في أوروبا تختلف اختلافاً شديداً وفقاً لموقعها، فهي تختلف كثيراً، على سبيل المثال، عن أنواع التربة في المناطق المدارية. واستطاع "ويلك" في مدة قصيرة، بسبب حماسه لأبحاث أنواع التربة وموهبته في الحصول على تمويل لأبحاثه، أن ينال أعلى لقب في الأكاديمية الألمانية: الأستاذ البروفيسور².

إن إمكانية التميز في مجال الأبحاث العلمية، إلى جانب القدرة على جذب التمويل والمتعاونين، تنتج سلعة ثمينة، وهي حرية المرء في سعيه وراء إرضاء فضوله. وقد أدت هذه الحرية في حالة "ويلك" إلى اكتشاف الأسئلة التالية: لماذا تعطي الزراعة في الأقاليم المدارية هذه النتائج الضعيفة؟ (حتى لو اختلفت الطرق الزراعية المستخدمة بما فيها الحراثة وعدم الحراثة واستخدام المزارع كمراع في المناطق التي تسجل مخرجات قليلة جداً مقارنة بالمزارع في المناطق الأكثر اعتدالاً). لماذا ينبغي على الناس في هذه المناطق، التي تتمتع بوفرة الأمطار والحياة النباتية المورقة، أن يبحثوا عن لقمة عيشهم في تربة قاحلة؟ ولماذا لا يزال المزارعون يستخدمون طرائق قديمة في الزراعة في مناطق تنتشر فيها حقول مستوية وتربة تتصف بنبات يمكنها من تحمل الآلات الزراعية؟

لقد كانت منطقة سيرادو البرازيلية مكاناً جيداً لبحث هذه المسائل، فهي تستقبل من الأمطار ما يساوي خمسة أضعاف الأمطار الهاطلة في الأودية الخصبة في ألمانيا، وهو ما يجعل سيرادو مكاناً مهماً لدراسة التربة على وجه الخصوص. ومع أن المطر يعدّ نعمة في ألمانيا، لكن سنوات المطر الغزير في البرازيل المدارية

تستنزف المركبات الغذائية من التربة، وتصبح عملية التحلل بفعل العوامل الجوية هذه مع الوقت كثيفة جداً إلى درجة تجعل التربة حمضية، وعند هذه المرحلة تختفي الكائنات الحية والمعادن ومحتوى الرطوبة والمواد الكيميائية التي يمكن أن تجعل التربة غنية. بل إن هذه العملية تصبح أكثر كثافة في المناطق المدارية الداخلية حيث يمكن أن تصل كمية الأمطار إلى ضعف ما يهطل في سيراو. وعند قطع الغابات المطرية في هذه المناطق لصالح الأراضي الزراعية، فإن التربة التي تستمد المكونات الغذائية من مظلة النباتات تصبح معرضة للمزيد من التآكل بفعل العوامل الجوية وتلف بسرعة أكبر أيضاً.

يمكن، بالطبع، زراعة تربة سيراو الفقيرة بالمكونات الغذائية، لكن المزارعين المحليين يستخدمون الأسمدة الكيميائية لجعلها منتجة عندما تكون لديهم القدرة المالية على تحمل ثمنها. ومن الصعب الحصول على هذه الأسمدة الكيميائية فضلاً عن خطر التعامل معها، كما أن المزارعين يشعرون باحتياج متزايد إليها للحصول على الحجم ذاته من المحصول، لأن التربة المستنزفة لا تستطيع الاحتفاظ بالمكونات الغذائية في حالة السماد الكيميائي، التي سرعان ما تنحرف إلى المياه الجوفية، ثم يشرب الناس هذه المياه الجوفية الملوثة، مما يعرضهم إلى عوامل خطيرة يمكن أن تسبب لهم أمراضاً قاتلة مثل الأمراض السرطانية.

أمضى "ويلك" و"ليلينفاين" أسابيع في سيراو يعملان مع فريق "فيليا"، فدرسوا الحقول المحروثة وأخذوا عينات من التربة غير المحروقة للمزارع، وجمعوا عينات من المياه ومعلومات حول الطرائق المستخدمة في الزراعة. وكانت رحلتها مثمرة، فقد توصل الفريق إلى نتائج مهمة في علم التربة، وخلص إلى أن الطرائق التقليدية في إدارة التربة والزراعة تترك آثاراً سلبية على التربة. وبفضل هذه المعلومات الجديدة، تمكن الفريق من تقديم توصياته للمساعدة في تحسين الزراعة المحلية. فضلاً عن ذلك، قام "ويلك" وزملاؤه من أمريكا اللاتينية بنشر عدة مقالات في مجلات علمية.

لكن ربما لم يهتم "ويلك" على الفور بنتيجة أخرى لرحلته إلى البرازيل، وهي تعزيز عضويته في الكلية الخفية التي نشأت منذ عدة قرون مضت. صحيح أن "ويلك" و"فيليا" لم يعملوا لمصلحة الجامعة نفسها ولم يجمعا التمويل من الوزارة

ذاتها، لكنهما أجريا مشروعاً بحثياً مشتركاً في حقول سيرادو البرازيلية امتد لسنتين. وقاما أثناء هذا المشروع بإنشاء روابط وصلات ضمن شبكة معرفية. ومع أن هذه الروابط خفية في حد ذاتها إلا أن الرابط الذي أنشأه رابط حقيقي ويؤدي إلى نتائج حقيقية تتمثل في المعرفة الجديدة، وهي في هذه الحالة تحسينات ملموسة في حياة المزارعين البرازيليين والناس الذين يستفيدون من خدماتهم.

أصول الكلية الخفية

ليست هذه الروابط بمجددة، فلطالما عرفت الصلات بين الباحثين التي تجاوزت مؤسسات وأماكن خاصة بالكلية الخفية على الأقل منذ عام 1645 عندما استخدم هذا المصطلح العالم الإيرلندي "بوبرت بويل" (الذي غالباً ما يسمى "أبا الكيمياء") في رسالة إلى معلمه لوصف التفاعلات الحاصلة في مجموعة صغيرة من الفلاسفة الطبيعيين ذوي العقليات المتشابهة، والذين يعرفون أيضاً بـ "البارعين" (Virtuosi). كان "بويل" يكتب أعماله في زمن من الهياج الفكري والاجتماعي. وفي منتصف القرن السابع عشر، أسفرت التلسكوبات المحسنة على يد غاليليو وغيره من علماء الفلك الأوائل عن قياسات أكثر دقة لحركة الأجرام السماوية. حيث أظهرت هذه الحركات لمتابعة أنماط قابلة للتوقع يمكن كشفها بالملاحظة والدراسة العلمية. وكانت هذه الاكتشافات بمنزلة تحدٍّ لتعاليم أرسطو التي تقول إن السماء جرم إلهي ثابت، لكنها بعيدة عن فهم البشر.

وعندما بدأت النظرة الأرسطية تتنحى لتفسح المجال لوجهات نظر جديدة، انتشر الاهتمام بالاكتشافات التجريبية في مجال الطبيعة عبر أوروبا. وهكذا أنشئت في منتصف القرن السابع عشر في وقت متزامن تقريباً الجمعيات والأكاديميات العلمية في المدن الأوروبية³. وكانت الغاية من هذه الجمعيات تسهيل تواصل الأفكار وصياغة التجارب وتبادل النتائج، وهو ما تعزز عبر الأعمال المطبوعة، فظهر ما لا يقل عن 300 مجلة علمية⁴ بين عامي 1630 و1830. وكان نمو المطبوعات العلمية يزداد بمعدل كبير، فزاد عدد المجلات العلمية منذ ذلك الوقت بنسبة عشر مرات كل خمسين عاماً⁵.

شملت كلية "بويل" الخفية أسماء بارزة مثل عالم الأحياء "روبرت هوك" وعالم الرياضيات "ويليام" و"فيسكونت برونكر" و"القس جون ويلكينز" وهو واحد

من الرؤساء المستقبليين لكليتي أوكسفورد وكامبريدج، و"السيد كريستوفر رين"، وهو عالم الفلك صاحب الإنجازات والمهندس المعماري مصمم كاتدرائية سان بول.

ظهرت هذه الكلية الخفية في زمن من الصراع السياسي العنيف في إنكلترا، إذ انقسمت بريطانيا إثر الحروب الأهلية التي بدأت عام 1642 واستمرت لكثير من العقود اللاحقة إلى معسكرين: البرلمانيون الذين سعوا إلى الدفاع عن الدور التقليدي للبرلمان في شؤون مثل فرض الضرائب، ومؤيدو الحكم الملكي الذين يفضلون وجود نظام ملكي أقوى. لكن التجريبيين الذين كانت لديهم آراء سياسية متباينة وضعوا خلافاتهم جانباً لمتابعة اهتمامهم المشترك في دراسة "العالم المدرك" عبر التجريب، وأدت نقاشاتهم في نهاية المطاف إلى إنشاء "جمعية لندن الملكية" (Royal Society of London) وهي أقدم جمعية علمية ما زالت قائمة حتى اليوم⁶.

كان الأعضاء المستقبليون في الجمعية الملكية في زمن الثورة السياسية والحرب الأهلية ثورين من نوع مختلف. فقد طرحوا أسئلة أساسية عن الطبيعة طعن في العقيدة الدينية والأكاديمية لذلك الوقت. وبعد تعارفهم الشخصي، التقوا على نحو غير رسمي في البداية وتراسلوا في بعض الأحيان. وفي أواخر الخمسينيات من القرن السابع عشر، بدأت مجموعة ضمن الكلية الخفية تجتمع على نحو أكثر انتظاماً في كلية غريشام في لندن. وفي عام 1660، وبعد محاضرة ملهمة ألقاها المثقف السير "كريستوفر رين"، قررت المجموعة المجتمعة أن تشكل "كلية من أجل تشجيع التعلم التجريبي النفسي - الرياضي"⁷. واتخذوا شعار "لا نفتفي أحداً = *Nullius in Verba*" دلالة على أنهم كانوا مستعدين لاختبار الحقائق والسعي إلى إثباتها بدلاً من قبول تلقي الحكمة⁸.

واليوم، بعد أن صار التشكيك في الحكمة المتلقاة معياراً ثقافياً معتمداً، يكون من الصعب أن نستوعب تماماً جرأة هؤلاء التجريبيين في إعلان ولائهم للعلم على الملأ. لكن مقامهم آتت ثمارها، ففي بداية عام 1660، وبعد مدة انتقالية بين الملكية والجمهورية استمرت إحدى عشرة سنة، تمت استعادة الملكية البريطانية. وجاء الملك الجديد تشارلز الثاني الذي اهتم بعمل المجموعة، والسبب الأكبر في ذلك هو صداقته مع الكونت المخلص للملك "برونكر". وفي عام 1661، منح الملك الجمعية ميثاقاً ملكياً أنشئت بموجبه جمعية لندن الملكية.

لقد أنعش أعضاء الجمعية الملكية نظرة العالم العلمية التي ظلت في حالة سبات قروناً طويلة. وعندما بدأت طرائق البحث عن المعنى الموضوعي للعالم الطبيعي تنتشر على نطاق واسع في القرن السابع عشر، تحدى بعض هؤلاء الرجال بعضاً في مسائل الفكر التقليدي وفي البحث عن الإجابات عبر تجارب موثقة قابلة للتكرار. وقام هؤلاء الأشخاص، الذين ربما كان الواحد منهم رجل دين غامض أو أستاذ رياضيات في إحدى الجامعات، بدفع بعضهم بعضاً بأقصى ما لديه من إمكانية في هذه المنظومة لتوسيع حدود المعرفة. وكما يصف "توماس سيرات" في كتابه تاريخ الجمعية الملكية (*History of the Royal Society*): "لم تكن لديهم قواعد ولا طرائق ثابتة: بل كانت نيتهم تحقيق مزيد من التواصل في ما بينهم في ما يتعلق باكتشافاتهم التي استطاعوا أن يركزوا عليها على نحو ضيق جداً، بدلاً من توسيع نطاقها في بحث موحد أو ثابت أو نظامي"⁹.

وكانت النتيجة هي ولادة عصر فكري جديد احتضن ثورة علمية انتهت باعتراف فوري بأهمية العمل الذي شمله كتاب إسحق نيوتن (*المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية*) المنشور عام 1687. بموجب موافقة "صاموئيل بيبز" الذي أصبح في ما بعد رئيس جمعية لندن الملكية. ومع نشر هذه المبادئ، وضعت الأجرام السماوية ضمن مجال التحقيق البشري وتبين أنها تخضع لقوانين رياضية يمكن إدراكها¹⁰. وعلى نطاق أوسع، وكما كتب أحد المؤرخين في وقت لاحق، فقد "وجد التعلم الجديد في هذا الزمن طريقه إلى بعض الجامعات بعد أن قيده أتباع أرسطو زمناً طويلاً. وكان عدد المهتمين بالفلسفة الطبيعية يتزايد تزايداً سريعاً"¹¹.

لا تزال اكتشافات هذه الحقبة الزمنية تتمتع بأهمية ملحمة في تاريخ العلم، وفقاً لتأريخ "هيربرت بترفيلد" وغيره من العلماء¹². أما الاعتراف بأهمية التزام الجمعية بالانفتاح وتركيزها على تسجيل النتائج العلمية ونشرها وإسهاماتها في التواصل العلمي فكان على نطاق أضيق. لقد كانت هذه الابتكارات الاجتماعية تجديدية تماماً مثل الأسلوب العلمي الذي تدعّمه، وكانت أعمال الجمعية الملكية مكشوفة على الملأ مقارنة بعلماء الكيمياء القديمة في العصور الوسطى الذين كانوا يعملون في سرية تامة. وكان أعضاؤها يتراسلون بشغف مع التجريبيين في أي جزء من العالم يمكن أن يعثروا فيه على زملاء مؤيدين لهم (رغم أنهم لم يكونوا على ما

يبدو مطلعين على علوم الصين التي كانت معروفة جداً في ذلك الوقت). وكان السكرتير الأول للجمعية الملكية "هنري أولدنبرغ" (الذي ولد في بريمن في ألمانيا وعاش في لندن) قد أخذ على عاتقه بوجه خاص، كما قال، مسؤولية "إقامة صلات اجتماعية في جميع أنحاء العالم بين أكثر الأشخاص فلسفة وفضولاً في العالم"¹³.

وكان ممن راسلهم "أولدنبرغ" في القارة الأوروبية: "كريستيان هويغنز" وهو هولندي نشر أعماله في مجال القوى المحركة [الديناميات]؛ و"رينيه ديكارت"، وهو فرنسي عاش في هولندا وأشار في كتاباته إلى أن الافتراضات غير المثبتة تقع ضمن نطاق الحكمة المتلقاة عن السكولاستيين (وهم فلاسفة العصور الوسطى الذين استمدوا إلهامهم من أرسطو)؛ و"غوتفريد فون لايزن"، وهو ألماني عمل على نحو مستقل فأوجد رياضيات التفاضل والتكامل في الوقت نفسه تقريباً مع إسحق نيوتن. وكانت هناك أيضاً مراسلات بين أعضاء جمعيات مماثلة في إيطاليا وفرنسا¹⁴. وكما لاحظ "سبارت" أحد أعضاء الجمعية الملكية، فقد "بدأوا بإرساء نظام للمراسلات عبر جميع البلدان ثم اعتمدوه، فكان من النادر بعد وقت قصير من ذلك أن تمر سفينة عبر نهر التايمز دون أن تحمل شيئاً من تجارهم، إضافة إلى البضائع"¹⁵.

وكما يشير التركيز على التبادل الواسع للأفكار، فقد كانت بدايات العلوم الحديثة عالمية في عدة جوانب. وكان "البارعون" في الأصل رجالاً مثقفين وحدوا ممن يرعى أعمالهم أو كان لديهم من المال ما يكفي لتمويل أبحاثهم ومراسلاتهم ومشاركتهم في اللقاءات العلمية. وبالنتيجة، لم تكن أبحاثهم مقيدة بضرورة توفر دعم الحكومة¹⁶. وقد كتبت معظم الكراسات والرسائل في تلك الحقبة باللغة اللاتينية، كما الكتب النادرة، الأمر الذي جعل نتائج التجارب في متناول الأفراد المتعلمين في مجموعة واسعة من البلدان. ورأى معظم المفكرين أن عملهم بالمعنى الواسع جداً جزء من جهد مشترك نحو فهم الطبيعة، وليس بحثاً في مجال محدد. ثم أصبحت بدايات العلوم الحديثة عرضة لعدد ضئيل جداً من المطالب المؤسسية أو السياسية أو التخصصية¹⁷. واستمرت هذه الظروف إلى حد ما حتى القرن التاسع عشر، لكن السياق الاجتماعي والسياسي بدأ يتغير مع تقدم العلم.

من الكلية الخفية إلى القومية العلمية

أعطى نمو المجتمع العلمي وزيادة التخصص في منتصف القرن التاسع عشر طابعاً مهنيّاً للبحث العلمي في أوروبا¹⁸. وكما لاحظ "دونالد ديب بيفر" و"ريتشارد روزن"، فقد ظهرت فئة مهنية كجزء من "عملية ديناميكية تنظيمية أدت إلى إعادة هيكلة ثورية لما كان مجموعة فضفاضة من العلماء الهواة وإلى تنظيم هذه المجموعة ضمن مجتمع علمي"¹⁹.

وعزا هؤلاء العلماء أساس هذه العملية إلى "قدرة المجتمع العلمي على طلب دعم من المجتمع الخارجي وقدرة المجتمع على توفير هذا الدعم"²⁰.

وأصبح الأفراد المدربون على التجارب موظفين في مختبرات ممولة من القطاع العام، وبدأ مصطلح "العالم" يدخل حيز الاستخدام. وأصبح العلماء يركزون على نحو متزايد على مسائل ذات تطبيقات عملية، مثل تطوير اللقاحات والتقدم في التعامل مع المواد.

وفي الوقت ذاته، أصبح العلم مؤمماً على نحو متزايد. ليست مشاركة الحكومة في الأنشطة التي تدعم العلم بأمر جديد. فقد سبقت الحكومة البريطانية الـ "ماغنا كارتا" في دعمها لتوحيد الأوزان والمقاييس، كذلك فإن العديد من الحضارات الأقدم كانت تعتمد على الإجراءات القياسية أيضاً. كما ساعدت الحكومات السابقة في تحفيز الإبداع عبر منح براءات اختراع للاختراعات الجديدة، وهي احتكار مؤقت لها. ووضعت جمهورية البندقية بعض أساسيات قانون براءات الاختراع في عام 1474. وبعد قرن ونصف القرن، أصبح منح براءات الاختراع بموجب النظام الأساسي البريطاني مقتصرًا على الاختراعات الجديدة، وتحدد عمر براءة الاختراع بأربعة عشر عاماً²¹. وفي عام 1663، صدر مرسوم ملكي آخر أعطى جمعية لندن الملكية حق نشر أحدث ما توصلت إليه المعارف العلمية.

لقد كان الهدف من وضع براءات الاختراع والعلامات التجارية ونظام الأوزان والمقاييس وقواعد التجارة هو ضبط ثمار النشاطات الإبداعية وإدارتها. صحيح أن مشاركة الحكومة في هذه النشاطات لم تسبق العلم، لكنها كانت شرطاً لازماً لنمو العلوم المهنية واستبقاء المعرفة ضمن نظام وطني. كما لعبت دوراً حاسماً

في وضع إطار قانوني نافذ يمكن أن يشجع المجازفة والسلوك الريادي، كما يشير عالم الاقتصاد "جوزيف سكومبتر"²².

ومن ثم ظهر دور السلطات العامة ليستمر زمناً طويلاً في وضع إطار يساعد على تقدم العلم. لكن الدعم المباشر للعلم ظاهرة أكثر حداثة. فقد تطور جزئياً لأن العلم أصبح مكلفاً على نحو متزايد، إلى درجة تفوق قدرة أي جهة راعية أو مجموعة خاصة على دعم النشاطات العلمية. ومع انقسام العلوم إلى تخصصات ومهن، انتقلت المختبرات من منازل العلماء إلى الجامعات والمؤسسات الخاصة. واتسمت هذه المؤسسات تمويل الحكومات لدعم أبحاثها. وفي القرن التاسع عشر، أصبحت الحكومة الفرنسية أول من استخدم الأموال العامة لدعم العلم في مختبرات ومتاحف مكرسة للنشاطات العلمية. (ربما قدمت بعض المدن الإيطالية التمويل عبر الجمعيات العلمية خلال القرن العشرين، لكن ليس على نحو ثابت ولا ضمن مختبرات متخصصة). ومما يوحى بالتناقض أن إنكلترا تخلفت عن الدول الأخرى في تنظيم الدعم المالي للعلم وفي الاعتراف بالعلم مهنة للعلماء²³.

غالباً ما تعد حملة "لويس" و"كلارك" في الولايات المتحدة المثال الرسمي الأول على تمويل الحكومة الفدرالية للجهد العلمي. فقد وافق الرئيس "توماس جيفرسون" على الحملة وأضاف شخصياً مهمة علمية واسعة على الحملة الأصلية موجهاً رسالة إلى الغرب كله. لكن حكومة الولايات المتحدة لم تقدم التزاماً مؤسسياً بالاستثمار في العلم حتى عام 1863 عندما صادق الكونغرس على إنشاء "الأكاديمية الوطنية للعلوم" عبر "قانون موريل" (Morrill Act). وبموجب التشريع ذاته وضع أيضاً نظام الكليات المنشأة على أراض تقدمها الدولة، وهي خطوة أولى نحو وضع ما سوف يصبح في ما بعد نظام الجامعات البحثية العامة في الولايات المتحدة.

ومع توسع التعليم العالي واكتساب المهن العلمية والهندسية هبة متزايدة، زاد عدد الناس المتوجهين لدراسة العلوم. وبالنتيجة، وبحلول القرن العشرين، لم تزد الكلية الخفية في ارتباطها الوثيق بالهوية الوطنية عن أيام "بويل" فحسب، بل أصبحت أيضاً مهنية وتخصصية أكثر بكثير. فتوسع العلم في القرن العشرين بمعدل غير مسبوق في جميع الجوانب، وحصلت زيادة هائلة في أعداد العلماء المتدربين والمؤسسات والموازنات في البلدان الغنية. ويشير "ديريك دو سولا برايس" في

أواخر خمسينيات القرن الماضي قائلاً: "باستخدام أي تعريف منطقي للعالم يمكننا القول إن 80 إلى 90 بالمئة من جميع العلماء الذين عاشوا على وجه البسيطة هم أحياء اليوم... إن طابع العلم الحديث واسع النطاق بجدته وبإشراقه وبكل قوته هو واضح جداً إلى حد جعلنا نصوغ في وصفه المصطلح الجدل "العلم الكبير"²⁴.

من العلم الكبير إلى الأكاديمية العالمية الخفية

ما مدى كبر "العلم الكبير"؟ أثناء ثمانية عقود - من عام 1923 حتى عام 2005 - حصل ارتفاع هائل في تمويل الحكومة الأمريكية لحقل "الأبحاث والتطوير" (وهي مجموعة فرعية من العلوم والتكنولوجيا) بعد أن كان يقل عن 15 مليون دولار ليصل إلى 132 مليون دولار سنوياً (بالسعر الثابت للدولار)²⁵. ومع نهاية القرن العشرين، وصل معدل الإنفاق على الأبحاث والتطوير إلى 2.2 بالمئة من الناتج المحلي الخام بين البلدان المنتمة إلى "نادي الأغنياء" وهي منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD)²⁶. ووصل إجمالي إنفاق العالم كله على الأبحاث والتطوير في عام 2000 إلى 729 مليون دولار²⁷. وهذا الرقم لا يظهر تماماً حجم الإنفاق على المعدات والاستثمارات الرأسمالية في القدرات العلمية، التي غالباً ما توضع لها موازنة خاصة منفصلة عن الأبحاث والتطوير، ولا يشمل أيضاً نشاطات مثل جمع البيانات أو حفظ العينات التي لا تعد "بحثاً نشطاً". وتسبب هذه النشاطات المرتبطة بالعلوم والتكنولوجيا زيادة في الإنفاق لا تقل عن 20 بالمئة فوق موازنات الأبحاث والتطوير²⁸. وبذلك يمكننا القول إن الإنفاق العام العالمي على جميع النشاطات التي يمكن عدها ضمن اختصاص العلوم والتكنولوجيا بلغ تريليون دولار بحلول عام 2000.

لقد كان ظهور العلم الكبير مرتبطاً بصورة مباشرة بتزايد التقدير لإسهام العلم في الأمن الوطني عقب اندلاع الحربين العالميتين أثناء ثلاثة عقود. وكان لتجربة الحرب العالمية الثانية على وجه الخصوص، التي بلغت ذروتها في إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما وناغازاكي، أثر حاسم على اهتمام الدولة بدعم الأبحاث والتطوير في مجال العلوم والتكنولوجيا. ويشير "برايس" قائلاً: "كنا قلقين منذ الحرب العالمية الثانية بشأن أسئلة تتصل بالقوى البشرية العلمية والمؤلفات

العلمية والإنفاق الحكومي والقوة العسكرية على نحو يبدو مختلفاً تماماً عن جميع ما سبق، وليس ذلك الاختلاف في النطاق فقط²⁹.

فضلاً على ذلك، أصبح من الواضح في السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية مباشرة أن العلوم والتكنولوجيا حفزت الإبداع والنمو الاقتصادي، حتى لو كان من الصعب اقتفاء أثر الروابط. ووجد أن كثيراً من التكنولوجيات المهمة التي تطورت خلال الحرب (مثل الرادار والبنسلين والطاقة الذرية والحاسب الآلي) أصبحت ذات قيمة اقتصادية في السوق التجارية بعد الحرب. وشجعت هذه النتيجة على إقامة علاقة وثيقة بين الأوساط السياسية والمجتمعات العلمية. وكما يقول "فينيفار بوش"، وهو عالم فيزياء ترأس مختبر الأبحاث الرئيس التابع لوزارة الدفاع الأمريكية في سنوات الحرب، في مقال مؤثر له بعنوان "العلوم: حدود لا نهاية لها":

أصبح ملايين الناس في عام 1939 موظفين في صناعات لم تكن موجودة حتى في نهاية الحرب الأخيرة: وما البث الإذاعي وتكييف الهواء والرايون^(*) والألياف الصناعية الأخرى والصناعات البلاستيكية إلا أمثلة على منتجات هذه الصناعات. لكن هذه الأشياء لم تضع نهاية للتقدم، إنها ليست إلا البداية إذا كان لنا أن نستفيد استفادة كاملة من مواردها العلمية. يمكننا البدء بصناعات تحويلية جديدة، كما يمكن تعزيز كثير من الصناعات القديمة وتوسيعها على نحو كبير إذا واصلنا دراسة قوانين الطبيعة وتطبيق المعرفة الجديدة لغايات عملية³⁰.

ومع مرور الوقت، أصبح الاهتمام بهذه الاستخدامات العملية المحرك الأساسي للاستثمار في العلوم. لقد قال "جيكوب سمووكلر" في عام 1966:

إن الطلب على العلوم (والهندسة بطبيعة الحال) مستمد إلى حد بعيد من الطلب على السلع الاقتصادية التقليدية، ولطالما كان هذا حاله منذ زمن طويل. لكن هذه الفروع من العلوم والهندسة التي تمتعت بأكبر نمو في الأزمنة الحديثة وقامت أكبر إسهامات في التغيير التكنولوجي (الكهرباء والإلكترونيات والكيمياء والعلوم النووية) لم تكن لتسجل هذا النمو الكبير لولا التوقعات الكبيرة التي وضعت بشأن تطبيقات "مفيدة" لها، وهو ما تؤكد التجربة بنسبة متزايدة³¹.

وكان من شأن الرغبة المتلازمتين في إنشاء تكنولوجيا عسكرية وتكنولوجيا مدنية جديدة أن دفعتا الحكومات إلى الاضطلاع بدور قيادي في صياغة اتجاهات

(*) الرايون: الحرير الصناعي.

العلم ما بعد الحرب في الولايات المتحدة، وفي أوروبا واليابان بعد مدة وجيزة بعد أن تعافت هذه المناطق من الحرب. وظهرت وكالات فدرالية وإقليمية كبيرة لإدارة العلاقة بين الأوساط السياسية والجمعيات العلمية³². وقامت مجموعة أخرى من البرامج الممولة من القطاع العام بنشر نتائج العلوم من أجل تطبيقها في المجال الاقتصادي، وغالباً على المستويين الإقليمي والمحلي، وهذا ما يحملنا على التفكير في عوامل توسيع المجالات العلمية³³. وفي اليابان، على سبيل المثال، شملت هذه البرامج مجموعة تضم أكثر من ستين من مراكز كوهستسوشي (Kohsetsushi)، وهي معاهد بحثية تضطلع بمهمة جعل العلم متاحاً للصناعات المحلية.

يمكن النظر إلى نمو هذا النظام على أنه مجموعة من حلقات التغذية الراجعة بين المؤسسات والوظائف. ومع تطور العلم، تكونت هذه الحلقات على نحو ساعد على تدفق المعلومات بين الحكومة والصناعة والقطاعات البحثية في الجامعات. ويصف "لويت ليديسدروف" و"هنري إتركويتز" ذلك بأنه "حلزون ثلاثي" من الوظائف المؤسسية المتفاعلة ضمن نظام الابتكار³⁴، حيث تتطور المؤسسات في حجمها ونطاقها ووظيفتها مع تدفق المعلومات ضمن النظام. وقد سمحت التغذية الراجعة بين القطاعات والتغيرات الناتجة في المؤسسات بتطور مشترك بين العلوم والتكنولوجيا ومؤسسات الدولة لتشكيل كيانات تتبادل المنافع.

استطاع نموذج العلم الكبير أن يحقق نجاحاً باهراً في بناء القدرات العلمية ورعاية النمو الاقتصادي في عدد قليل من البلدان الغنية. ويساعد ما قدمته الحكومات من بنى تحتية ودعم مالي على نمو القطاعات القائمة على العلوم والتكنولوجيا وازدهارها. واستفادت التنمية الاقتصادية من هذه الاستثمارات، كما كان حال البعثات العامة في قطاع الطاقة والدفاع. لكن البلدان التي لم تكن قادرة على إقامة هذه الاستثمارات تأخرت عن الركب. وزادت نسبة دخل الفرد السنوي في البلدان الأكثر تطوراً مقارنة بالبلدان الأقل تطوراً من 10 حتى 29 من عام 1913 حتى السبعينيات من القرن المنصرم. ويعزو كثير من علماء الاقتصاد هذه الفجوة الآخذة في الاتساع إلى عدم المساواة في الحصول على العلم³⁵. ويبدو أن الاستثمارات في نشاطات مثل التعليم والعلوم ذات أثر كبير على النمو يوازي أثر الاستثمار الرأسمالي المادي، وذلك وفقاً لاقتصادي البنك الدولي³⁶. لذا، وعندما

أصبحت الاقتصادات معتمدة على المعرفة على نحو متزايد، بدأ فشل بعض البلدان أو عجزها عن الاستثمار في العلوم يكلفها ثمناً باهظاً.

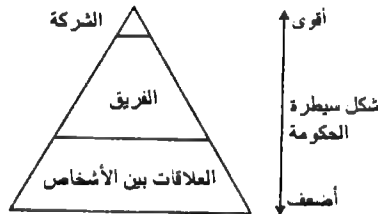
وتبقى اليوم آليات السياسات الوطنية للعلوم والتكنولوجيا الأجزاء الأكثر وضوحاً في النظام الذي ينتج العلم حول العالم. لكن استمرار بروز هذه الآليات يناقض التغييرات الهامة التي حدثت في تنظيم النشاط العلمي. فمنذ تسعينيات القرن المنصرم، تضاعف دور السياسات الوطنية في توجيه البحث العلمي إلى حد كبير بالرغم من تنامي تأثير الشبكات العالمية. وثمة عوامل متعددة تكمن وراء تنامي أثر الشبكات، بما فيها ازدياد القدرات العلمية في العالم، وتحسن إمكانية الحصول على تكنولوجيات الاتصال، وتضاؤل تكاليف السفر. ويبدو أن العامل الأهم يقع ضمن إطار الشبكة الاجتماعية.

بدأ الانتقال من النظم الوطنية إلى العلم التشبيكي (networked science) بمهد في السوقت نفسه لظهور عدد من الحوادث الزلزالية الأخرى: نهاية الحرب الباردة وظهور أوروبا الموحدة، والارتفاع الهائل في حجم الاتصالات الإلكترونية والرقمية وعولمة الأعمال. وقد أسهمت هذه التطورات كلها في الشعور بأن العالم يتغير بطرق أساسية، أي أنه كان يتحول ليصبح مسطحاً، على لسان "توماس فريدمان"، بالرغم من أن العالم اليوم بعيد عن أن يكون مسطحاً عندما يتعلق الأمر بتوزيع النشاط العلمي. تبدو طبوغرافية العلم أكثر شبهاً بسلسلة من قمم الجبال القائمة فوق سطح منبسط، لكن توزيع القدرة على تحصيل المعرفة والإسهام فيها وجني ثمارها أصبح يتم اليوم على نطاق أوسع من ذي قبل. إلا أن توزيع القدرة على الارتباط بالعلوم لا يزال بعيداً عن العدل إذ نما في البلدان التي أسهمت في تكوين نواة العلوم على نحو أسرع كثيراً من البلدان الواقعة على المحيط. لكن نشوء الشبكات فتح هيكلية العلم فأحدث فرصاً جديدة أكثر وضوحاً للأمم الفقيرة من أجل المشاركة في هذا النظام. وبدلاً من اتباع أسلوب القرن العشرين في محاولة تكرار تجربة نظم الإبداع الوطنية في الولايات المتحدة أو أوروبا أو اليابان، وهي مشروعات مكلفة وغير مثمرة غالباً، ينبغي على واضعي السياسات في البلدان النامية أن يركزوا على فهم القوى التي تحفز شبكات المعرفة الناشئة ذاتية التنظيم. ويمكنهم اعتماداً على هذا الفهم أن يضعوا استراتيجيات فاعلة ومجدية لتشجيع عضويتهم في الكلية الخفية في مجال العلوم.

ما هي الأكاديمية العالمية الخفية؟

تتألف الكلية الخفية من الأشخاص والاتصالات التي تكوّن العلوم العالمية. ومن المهم أن نفهم أنواع الاتصالات التي تؤلف الكلية الخفية. فالشركات التي تمثل قلب الشبكة تقع ضمن ثلاثة أنواع عامة، كما يبين الشكل 2-1. وتعدّ مشروعات العلوم الكبرى مثل "محطة الفضاء الدولية" أو "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية" (CERN) غيضاً من فيض في ناحيتين: فهي بين أشكال التعاون الأكثر وضوحاً وهي نادرة نسبياً. وعادة ما تكون الغاية من إنشاء هذه الشركات، التي يسميها "ديفيد سميث" و"كاتز كول" "اتحاد" (corporate) (بمعنى "رسمي")، هي تحقيق هدف محدد³⁷. وتمثل هذه النشاطات التي عادة ما تكون مكلفة جداً وتجري على المدى الطويل، نسبة مئوية صغيرة من جميع المساعي العلمية الدولية إذا نظرنا إليها من حيث الإنفاق العام. وعلى سبيل المثال بلغت نسبة الإنفاق على مشروعات العلوم الكبرى وفق تقييم وضعه "مكتب التقييم التكنولوجي" التابع للكونغرس الأمريكي (OTA) في دراسة لعام 1995 ضمن موازنة الأبحاث الأمريكية العامة، نحو 10 بالمئة من "الموازنة الفدرالية للأبحاث والتطوير" (الدفاعية وغير الدفاعية) في أواخر الثمانينيات وبداية التسعينيات³⁸.

يجري الكثير من مشروعات العلوم الكبرى في مرافق مركزية وهي تتطلب معدات عالية التخصص. وتميل التكاليف الرأسمالية لهذه المشروعات لتكون مرتفعة جداً، فهي تتطلب تمويلاً وطنياً ودولياً واسع النطاق. وعادة ما يقوم مسؤولو الحكومة بالتخطيط لهذه المرافق في نقاش مع العلماء ويغرقون في استثمارات ضخمة من أجل إنشائها قبل الشروع في أي عمل بحثي. لذلك يمكن أن يعدّ تنظيم هذه النشاطات "متجهاً من القمة إلى القاعدة" (مركزياً).



الشكل 2-1. أشكال التعاون العلمي الدولي

وبالمقابل، نرى أن المشروعات البحثية التي تكوّن قاعدة الهرم "متجهة من القاعدة إلى القمة"، تعني أن الأفراد هم الذين يدفعونها وينظمونها. فمثلاً، يمكن أن يكون اثنان أو أكثر من الباحثين من مؤسسات مختلفة فريقاً لكتابة مقالة أو عقد ورشة عمل أو إنشاء قاعدة بيانات أو تدريب أحد الزملاء بعد نيله شهادة الدكتوراه. وعادة ما يكون الهدف في كل حالة حل مشكلة أو معالجة مسألة بحثية عبر تشارك قدرات متكاملة. وليس على المشاركين أن يمضوا كامل وقتهم أو معظمه أو حتى أي جزء منه في المكان ذاته، وليس من الضروري أيضاً أن يأخذ مشروع واحد كامل اهتمامهم. وغالباً ما تكون هذه المشروعات قصيرة ممتدة من سنة واحدة إلى سنتين، ويقوم كل شريك بتمويل جانبه من الشركة. وتمثل أشكال التعاون هذه بين الأشخاص الغالبية العظمى بين نشاطات التعاون الدولية.

ويلاحظ أن حالات التعاون الشخصي أقل وضوحاً من الأشكال الأخرى في العلوم العالمية. لأن الجهات الممولة لا تتمتع برقابة كبيرة على كيفية إنفاق هذه الأموال على مستوى المشروع، بل إن رقابتها تكون أقل على المشاركين في البحث. ورغم السهولة النسبية لتعقب الأموال التي تذهب إلى مشروعات العلوم الكبرى مثل "محطة الفضاء الدولية"، إلا أنه من الأصعب بكثير تعقب الإنفاق على مئات من حالات التعاون غير الرسمي في ميادين مثل علوم التربة. في هذه الحالات ينشأ التعاون من متطلبات البحث ويتم اختياره على أنه الطريقة المفضلة في إجراء الأبحاث لأنه يسهم بصورة مباشرة في حل المشكلات. ويقوم الباحثون أنفسهم بإقامة روابط تعاون عبر شبكات مهنية. وتمثل هذه الروابط القاعدة الخفية التي يقوم عليها غالبية المجتمع العلمي العالمي.

يقع "تعاون الفرق" بين قمة الهرم وقاعدته، وهو يشمل المشروعات غير الرسمية بما فيها استخدام الموارد على نحو جماعي. وعادة ما يمنح التمويل في هذه الحالات إلى "باحث" رئيس يتمتع بحرية التصرف في إنفاق الأموال على المشاركين الآخرين في المشروع. وهكذا فإن تعاون الفريق ينطوي على تنظيم أكثر مركزية من الشراكات بين الأشخاص، لكنها لا تقترب من حجم مشروعات العلوم الكبرى، ونتيجة لذلك، جزئياً على الأقل، فإن مسؤولي الحكومة أو ممثلي

المؤسسات الأخرى يلعبون دوراً أقل وضوحاً بكثير في توجيه هذه النشاطات أو تنظيمها.

ولتحقيق المزيد من الثبات في النشاطات التي تكون الكلية الخفية، يمكننا أيضاً أن نقارن طريقة تنظيم البحث (سواء كانت من القمة إلى القاعدة أو من القاعدة إلى القمة) في مقابل طريق إجرائه وموقعه المعتاد (مركزياً أو موزعاً). ينبغي أن تتم النشاطات البحثية المركزية في موقع محدد، وغالباً ما يكون السبب في ذلك هو أنها تتطلب الوصول إلى موارد بعينها أو إلى مرافق مؤسسة محددة. أما نشاطات البحث الموزعة فيمكن أن تتم من حيث الأساس في أي مكان وفي كل مكان في آن واحد بوجود قائد أو قادة للمشروع يقسمون مهمات البحث بين مجموعة كبيرة مع نية دمج النتائج في مرحلة لاحقة. وتنشأ أربعة أنواع من الأبحاث عن هذه الفئة:

- عادة ما تكون مشروعات العلوم الكبرى أمثلة معروفة وواضحة جداً على الأبحاث "الثقيلة"، مثل "محطة الفضاء الدولية" أو "مرفق هاردن لتصادم الجزيئات الضخمة" متعدد الجنسيات وهو مرفق دولي لأبحاث الاندماج النووي في سويسرا. تتسم هذه النشاطات بدرجة عالية من المركزية، ويتم تنظيمها من القمة إلى القاعدة، وهي تركز في أغلب الأحيان على هدف بحثي محدد³⁹. وغالباً ما يتفاوض مسؤولو الحكومة في شأن الإسهامات المالية والبعثات لمصلحة مشروعات العلوم الكبرى التي من المرجح أن تخدم بالنتيجة كلاً من المصالح السياسية والعلمية.

- تتطلب النشاطات الجيوتكنولوجية تقاسم الموارد في مكان محدد، حيث يسافر الباحثون إلى هذه المناطق أو يقومون بإرسال البيانات لتحليلها في ظروف فريدة من نوعها. فمثلاً، تشارك كثير من الحكومات المختلفة والوكالات البحثية استخدام "مركز الأبحاث الدولي" في القطب الجنوبي. ولأنه لا يمكن أن تظهر ظروف الغابات المطرية في أوروبا، ينبغي على الباحثين أن يسافروا إلى الغابات لإجراء تجاربهم. تتسم المشروعات الجيوتكنولوجية بمركزيتها، إذ يتم تنظيم النشاطات ضمن هيكلية شركة اتحاد أو (corporate) في مكان محدد حيث يمكن للمدير أن يتولى تنسيقها، لكنها تتسم أيضاً بسماح من القاعدة إلى القمة لأن العلماء يتخذون القرار في ما يتصل بالمشروعات كلاً على حدة.

- يتم تخطيط المشروعات الموزعة من القمة إلى القاعدة لكنها تنفذ في عدة أماكن. لكن صعوبة تحديد هذه المشروعات البحثية الموزعة تزداد ولذلك يكون من الصعب إدارتها. ومن أمثلتها "مشروع الجينوم البشري" الذي شمل ستة بلدان وعشرات المختبرات في مشروع بحثي على درجة عالية من التوزيع. وتولى فريق قيادة تخطيط هذا المشروع، لكنه نفذ على يد كثير من الأشخاص في أنحاء العالم. تمثل ديناميات المشروعات الموزعة لأن تشبه نظيراتها في شبكات العمل، حيث قد لا يوجد قائد واضح للمشروع، وتكون العضوية طوعية، ويمكن مشاركة نتائج المشروعات وتوزيعها على نطاق واسع. (قام المشاركون في مشروع الجينوم البشري بنشر نتائج الأبحاث على الإنترنت في نهاية كل يوم).

- تتم المشروعات المنسقة بمبادرة من العلماء في عدة مناطق ومختبرات موزعة على نطاق واسع. ويمثل "المرفق العالمي لمعلومات التنوع البشري" (The Global Biodiversity Information Facility) مثالاً على نشاط بحثي من القاعدة إلى القمة على درجة عالية من التوزيع. وهو يشمل عشرات البلدان ومدخلات من مئات الباحثين ضمن بحث يجري على درجة عالية من التوزيع ومشروع لتطوير قاعدة البيانات. ويجمع الموقع الإلكتروني للمرفق هذه النشاطات الموزعة ويتم عرض نتائجه مجاناً على الإنترنت⁴⁰.

وإذا تناولنا مبدأ التعاون الموزع في مجال أوسع، يتبين لنا أنه لا توجد نقطة مركزية لتنسيق بعض الميادين البحثية، مثل ميدان الزلازل. فالباحثون يتشاركون البيانات والمعلومات في المؤتمرات ومع العلماء الآخرين المهتمين بأعمالهم. وتتسم النشاطات الدولية في هذه التخصصات بأكبر درجة من التشبيك وأقل درجة من التنظيم.

تتحول جميع الأبحاث اليوم لتصبح أكثر ترابطاً وتعاوناً وتشبيكاً⁴¹. ومع ذلك، فإن بحثي يبين أن نمو النشاطات الموزعة يبدو أسرع من المشروعات المركزية، وذلك كنسبة من جميع عمليات التقصي التعاونية. وتمثل هذه النشاطات المنسقة والتعاونية بوجه خاص تحديات كبيرة أمام واضعي السياسات: إذا تم توزيع البحث جغرافياً، فكيف يمكن دمج المعرفة في كل مفيد؟ كيف يمكن جعلها متاحة

على المستوى المحلي؟ هل يمكن تقسيم المهام والموارد بصورة فاعلة ومفيدة لجميع الأطراف؟ هذه بعض المسائل التي يبحثها هذا الكتاب.

من هي الجهة التي تمول الأكاديمية العالمية الخفية؟

يبين الجدول 2-1 مختلف مصادر التمويل للتعاون العلمي العالمي. تلتزم الحكومات بمبالغ مالية أكبر من المصادر الخاصة، سواء كانت مخصصات مباشرة أو غير مباشرة. ويبدو أن مجموعات القطاع الخاص تدعم التعاون الدولي بدرجة متزايدة، لكن تعقب التزاماتها المالية أكثر صعوبة لأنها غير مسؤولة أمام دافعي الضرائب. بينما يمكن دراسة بعض جوانب استثمارات القطاع الخاص في التعاون الدولي في عدد متزايد من التحالفات المسجلة أو المعلنة بين شركات الأبحاث⁴².

تعد الحكومات الوطنية مصدراً كبيراً ومؤثراً لتمويل العلوم العالمية، لكن ثمة فارقاً مهماً بين الإنفاق المخصص والفعلية من جانب الحكومات. إن الحكومات تقدم المال بغرض تمويل العلوم الدولية في حالات قليلة جداً، لكنها تمول العلوم من أجل تعزيز الأهداف الوطنية، وهو أمر متوقع بالنظر إلى أنها تنفق أموال دافعي الضرائب في البلد المعني. وقد تكون هذه الأهداف واضحة ومباشرة، مثل تشجيع الطاقة الشمسية، أو ضمنية وغير مباشرة، مثل دعم مجموعة المعارف اللازمة للنمو الاقتصادي. وبالنظر إلى تركيز الحكومات على الأولويات الوطنية ومسؤوليتها أمام الشعب، يبدو أنه ليست لديها رغبة في تخصيص موازنات للتعاون الدولي ما لم تكن قادرة على القول بأنها سوف تكسبها كفاءات واضحة. وربما كان التمويل الواضح للتعاون الدولي يشكل نسبة بين 5 و15 بالمئة من جميع الأموال الوطنية المخصصة للأبحاث والتطوير في البلدان المتقدمة علمياً⁴³. وعادة ما تكون هذه الأموال مخصصة لمشروعات في العلوم الكبرى أو لمؤسسات دولية، مثل "برنامج علم الحدود البشرية" (Human Frontier Science Program) الذي يكرس معظم موازنته للتعاون الدولي في الأبحاث الأساسية في مجال علوم الحياة⁴⁴.

الجدول 2-1. مصادر التمويل لأبحاث التعاون الدولي

مصدر التمويل	مثال	هدف المهمة
جهات ومؤسسات حكومية، جامعات عامة، برامج خاصة	مؤسسة العلوم الوطنية، معهد فروغهورف، (CNRS)، المعهد السويدي للمساعدة الإنمائية.	الدفاع الوطني، العلاقات الخارجية، بناء القدرات، تشجيع الإبداع.
هيئات شبه حكومية	البنك الدولي (CGIAR)؛ منظمة الصحة العالمية؛ حلف شمال الأطلسي.	بناء القدرات، التخفيف من حدة الفقر، الصحة العامة؛ الإنتاج الغذائي.
منظمات غير حكومية	مؤسسة روكفيلر	بناء القدرات، التخفيف من حدة الفقر، الصحة العامة؛ الإنتاج الغذائي.
شركات خاصة	شركة نظم سيسكو، شركة آي بي إم، شركة سيمنس.	الإبداع، الوصول إلى الأسواق، تقليل التكاليف.

(CGIAR) = المجموعة الاستشارية الدولية للأبحاث الزراعية (Consultative Group on International Agricultural Research)، (CNRS) = المركز الوطني للأبحاث العلمية (Centre National de la Recherche Scientifique).

يمكن للمنظمات الدولية، بما فيها منظمات ليست ذات تركيز علمي واضح مثل "حلف شمال الأطلسي"، أن تخصص نسبة أكبر من مواردها للنشاطات البحثية الدولية. (وتتم هذه العملية في حالة حلف شمال الأطلسي عبر "برنامج للعلوم من أجل السلام والأمن" التابع له). لكن كمية الإنفاق الإجمالي من جانب الوكالات الدولية منخفضة جداً مقارنة بإنفاق الحكومات والشركات. وتلتزم المنظمات غير الحكومية بمبالغ كبيرة لمصلحة مشروعات تتصل بالعلوم والتكنولوجيا، لكنها غالباً ما تكون خاصة جداً بمهمة محددة (مثل أبحاث المحاصيل أو تطوير لقاح ضد الملاريا) ولا تستهدف دائماً التعاون الدولي صراحة. وبهذه الطريقة، سرعان ما تستنفذ الشريحة الرقيقة المخصصة لموازنة النشاطات العلمية، لكن هذا ليس سوى بداية القصة.

فالشركات أيضاً تمول هذا التنظيم التعاوني وتؤثر فيه عن غير قصد عبر الاشتراك في مشروعات لا يشكل فيها التعاون الدولي جزءاً من الهدف، بل مجرد وسيلة لتحقيق الغاية. أما تعاون الفريق، على سبيل المثال، فهو عادة يلقى التمويل

لا لأنه تعاون دولي؛ بل لأنه يمثل علماً جيداً. وتقع ضمن هذه الفئة المشروعات التي تنفذ برعاية "المجموعة الاستشارية الدولية للأبحاث الزراعية"، وهي مجموعة حكومية دولية يحتضنها البنك الدولي، وكذلك كثير من المشروعات الممولة عبر الهيئات الحكومية مثل "قوات الأمن الوطني الأمريكية" و"وزارة التعليم والعلوم والثقافة اليابانية". وبالمثل، فإن التعاون بين الأشخاص غالباً ما يعتمد على التمويل الحكومي حيث إن الباحث يتقدم بطلب منحة لبحثه أو الموافقة عليه، بالرغم من أنه قد لا يكون بحثاً متوقعاً.

وبذلك فإن أي جهد لإحصاء الأموال المخصصة للتعاون الدولي في مجال العلوم يكون مضللاً إلى حد بعيد، إذ تبلغ أموال العلوم الكبرى نسبة صغيرة من أي موازنة عامة، ومن المفارقات أنها غالباً ما تمويل العلوم الوطنية. وعلى العكس من ذلك، فإن تمويل العلوم الوطنية غالباً ما يمول مجموعة كاملة من التعاون الدولي غير مرئية بالنسبة لقراء الموازنات. ولا يمكن وضع تقديرات أرقام الإنفاق العام المخصصة للعلوم العالمية اعتماداً على الموازنات. وعلينا لفهم تمويل هذه العلوم أن ندرس مجموعة مختلفة تماماً من المؤشرات، وهي موضوع الفصل الثالث من الكتاب.

ما الجديد حول الأكاديمية العالمية الخفية؟

بأي معنى يكون كل هذا جديداً؟ فلطالما تعاون الباحثون على الدوام من مختلف الجنسيات. ولطالما قدمت الحكومات الدعم لهذه المساعي، سواء كانت لتشجيع أهداف السياسات العلمية أو الأجنبية أو كليهما. لننظر في "مشروع ماهاغن"، الذي ربما كان مشروع العلوم الكبرى الحاسم في القرن العشرين. حيث كدح المهاجرون من أوروبا التي مزقتها الحرب، مثل "هانس بيث" و"إدوارد تيلر"، جنباً إلى جنب مع العلماء الأمريكيين وعملوا معزولين في لوس ألاموس في نيومكسيكو لبناء أول قنبلة ذرية في العالم.

تواصل اليوم عمليات التعاون الدولي هذه بتوجيه من الحكومات. لكن الجديد حول الأكاديمية العالمية الخفية هو أنها تغير ميزان القوى بين العلوم "الدولية" و"العالمية" وهو نتاج تدفق الاتصالات إلى ما وراء الحدود. وبالرغم من التشابه

السطحي، إلا أن مفهومي العلوم الدولية والعلوم العالمية مختلفان تماماً. فالعلوم الدولية تصف نشاطات يعمل فيها الأشخاص في أكثر من بلد واحد أو يتلقون ما يلزمهم من معدات وأموال من عدة بلدان، أو كليهما. ويدل المصطلح ضمناً على أن التعاون يحدث على نحو أساسي بين الدول القومية وأن مجموعات الباحثين من هذه الأمم تعمل معاً بدعم وتوجيه من حكوماتها. وقد تميز العلم في القرن العشرين بهذا النهج الذي يتلازم مع إيديولوجية القومية العلمية، وليس ذلك بالمستغرب في حقبة هيمنت فيها مشروعات العلوم الكبرى على أجندة التعاون الدولي وقدمت المعاهدات السياسية وعوداً بالدخول في عمليات تعاون دولي.

وبالمقابل، فإن العلوم العالمية تصف نشاطات يتمتع فيها الباحثون بحرية الانضمام إلى "قوات" تتصدى للمشكلات المشتركة، بغض النظر عن مكانها الجغرافي. ولا يرجع نمو هذه العلوم إلى ترويج الأمم لها، بل لأنها تخدم احتياجات أولئك العاملين ضمن النظام الذي يُحدث المعرفة. وهو بهذه الطريقة يشترك ببعض السمات مع عولة الأعمال التي تتجاوز أيضاً مصالح الدولة القومية. لكن الاحتياجات المالية ليست هي الدافع الأساسي وراء نمو العلوم العالمية، بخلاف الأعمال، بل الكلية الخفية مدفوعة باحتياجات المجتمع الذي يُحدث المعرفة، وهذا بدوره مدفوع بالرغبة في القيام بأبحاث أصلية ومبتكرة. نناقش في الفصل التالي هذه الدوافع بعمق أكبر ونبين كيف تؤدي إلى نمو الكلية الخفية من حيث المعدل والاتجاه.

الفصل الثالث

العلم التشبيكي (Networked Science)

إنه لمن المفاجئ أن هذا القانون السهل متبع بدقة شديدة وأن المرء لا بد أن يجد التوزيع ذاته للإنتاجية العلمية في المنشورات الأولى للجمعية الملكية كما في البيانات التي تتحدث عن المستخلصات الكيميائية في القرن العشرين... ينبئنا هذا الانتظام شيئاً عن النقاط التي سجلناها.

ديريك دي سولا برايس، العلم الصغير، العلم الكبير
(مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، ص 43

من الممكن تحديد القوى المسؤولة عن ظهور الأكاديمية العالمية الخفية وتفعيلها من أجل تحسين إنتاجية النشاط العلمي وتوزيعه. يتناول هذا الفصل هذه المهمة مستفيداً من الأعمال التي أنجزت أخيراً في عدد من التخصصات، بما فيها العلوم السياسية وعلم الاجتماع والرياضيات وعلوم الكمبيوتر. ويمكن أن تكشف الطرائق الجديدة في دراسة القوى المحركة للنظم الاجتماعية، إذا ما جمعناها معاً، عن هيكلية الشبكة العالمية، التي ربما بدت بدورها تتبع احتماليات رياضية و"قوانين" اجتماعية يمكن توقعها. لكن المفاهيم الأساسية التي تكمن وراء إعادة تنظيم العلوم ليست جديدة، مثل الكلية الخفية ذاتها. صحيح أن أصحاب المهارات في القرن السابع عشر قد يقفون حائرين أمام الإنجازات التي أتاحها علوم الكمبيوتر (أو أوحى بها) في ميادين مثل نظرية النظم ونظرية التعقيد (complexity theory) والسريرية (cybernetics)، لكن من البديهي أنهم أدركوا أهمية فهم النظام المعقد في كل كامل لا يقبل الاختزال. والواقع أن أحد الأعمال الأولى بتكليف من جمعية لندن الملكية يركز على هذه النقطة بالذات.

روية الغابة والأشجار

قدمت البحرية الملكية طلباً رسمياً إلى الجمعية الملكية من أجل إجراء دراسة علمية. وكان هذا الطلب من أول الطلبات الرسمية الموجهة إلى الجمعية في بداية نشأتها. ورغم أن الجمعية الملكية كانت تضم أشخاصاً درسوا علوم "السماوات" (Heavens)، وهو موضوع ربما كان سيحظى باهتمام البحرية، إلا أن طلب البحرية الملكية كان بخصوص الأشجار. لقد كان مندوبو البحرية الملكية مهتمين بتوفر الخشب، إذ كانت سفينة الشحن المسلحة الواحدة تتطلب حتى 3800 شجرة، وهو ما يساوي نحو 75 أكرًا من الغابات. وكان الخشب مصدراً طبيعياً مهماً آخذاً في التقلص في إنكلترا في القرن السابع عشر، وكانت المعلومات عن إنعاش الغابات واستدامتها تعد مهمة للأمن القومي. وأصبح قطع أشجار الغابات مشكلة كبيرة لها مستتبعات اجتماعية تتجاوز كثيراً اهتمامات البحرية الملكية.

أوكلت مهمة دراسة إدارة الأشجار والغابات إلى أحد زملاء الجمعية الملكية البارع في علم البستنة وهو السيد "جون إفلين". وبلاستفادة من السنوات التي قضاها في بحته كونه من أصحاب الأراضي، أنتج الرجل خلاصة وافية حول الأشجار الأصلية تضم معلومات مفصلة وشاملة جعلته يسميها منذ ذلك الوقت وحتى يومنا هذا "سيلفا" على اسم كتابه: *سيلفا*، أو بحث عن أشجار الغابات وتوفر الأخشاب. ويمثل *سيلفا* الذي نشر عام 1664 واحداً من الكتب الأولى التي وضعت بتكليف من "ويليام فيسكونت برونكر" أول رئيس للجمعية الملكية.

لقد كان جميع الرعايا البريطانيين في القرن السابع عشر يعرفون أن شجرة البلوط تنمو من بذرة البلوط، إذاً ما سبب التكليف بإجراء دراسة عن هذا الموضوع؟ لم تكن المشكلة في معرفة كيفية إنبات الشجرة، بل في فهم التفاعلات بين مختلف النباتات والأشجار والأجزاء الأخرى من البيئة. فهذه التفاعلات تقرر صحة كل شجرة وعافية الغابة كلها. وكان إفلين على علم بذلك بفضل حدسه وذلك من سنوات دراسته المنهجية للزراعة. فنراه في *سيلفا* يتناول الغابة كنظام بيئي دون أن يستخدم هذا المصطلح الذي لم يكن قد اعتمد حتى القرن العشرين، ويصف مكونات النظام (التربة والمياه والنباتات والحيوانات) والنظام الناشئ الذي كانت جزءاً منه (الغابة)، كما يبين طريقة ارتباط هذه المكونات الفيزيائية

والبيولوجية في ما بينها وكيفية تفاعلها مع بيئة تفاعلاً يتضمن خصائص تعاونية وتنافسية.

وباختصار، فإن سيلفا يؤكد أن الغابة نظام تكيفي معقد. وهو معقد لأنه مؤلف من العديد من العناصر المتفاعلة المختلفة، وتكيفي لأنه يمكن أن يتغير استجابة للتغيرات الحاصلة في البيئة، بما فيها التغيرات في أي من الأجزاء المكونة له. ويعد نظاماً لأنه يتألف من مجموعة من الكائنات المنظمة التي تكون في مجموعها كياناً مميزاً. ومثل معظم النظم التكيفية المعقدة، فإن الغابة هي أيضاً مفتوحة حيث يمكن لعناصر جديدة أن تتحرك عبر حدودها وأن تصبح مندمجة في النظام، ويمكن لعناصر موجودة أن تخرج منها دون أن تؤدي إلى تدهور النظام. وربما كان الأمر الأكثر أهمية في موضوعنا هو أن الغابة نظام ناشئ.

يستخذ النظام الناشئ شكله من لقاء نفسه، ولا يجري التخطيط له أو إنشاؤه بموجب قانون أو قرار، ولا يتم تنظيم هذه النظم من قبل حكومة أو شركة أو بموجب مخطط. بل يتشكل النظام الناشئ ككل يتعذر اختزاله، عند تنظيمه كوحدة مميزة، ويتجاوز في شكله ووظيفته شكل ووظيفة مجموع أجزائه. فإذا ما مزجنا معاً العناصر التي تشكل الشجرة، على سبيل المثال، وهي الماء والغازات والمواد المعدنية وغيرها، فإننا لن نحصل على الشجرة بالتمني أو الانتظار أو الأمل، فما بالك بالغابة؟ إذ لا يمكن إنشاء الشجرة من مكوناتها الأساسية، ولا يمكن أن تبقى شجرة إذا اختزلناها إلى هذه الأجزاء. ينطبق هذا المثال على الكلية الخفية.

الكلية الخفية كنظام تكيفي معقد

تمثل الكلية الخفية نظاماً تكيفياً معقداً، مثلها مثل الغابة. ويرجع تعقيدها إلى أنها تضم ملايين الباحثين من مختلف أنحاء العالم يتفاعلون بأشكال تنافسية وتعاونية على حد سواء دون أن يكون لهم اتجاه عام محدد. وترجع صفة التكيفية إلى أن كلاً من الكلية والباحثين الذين يكونونها يستجيبون إلى الظروف البيئية المتغيرة مثل تغير أولويات المؤسسات المقدمة للمنح أو الاكتشافات الجديدة. وكما يشير "روبروت أكسيلرود" فإن هذا التكيف: "قد يكون على مستوى فردي عبر التعلم، أو قد يكون على مستوى الأشخاص عبر عملية البقاء والتكاثر التفاضلية عند الأفراد

الأكثر نجاحاً¹. وبتعبير آخر، قد يختار العلماء كأفراد متابعة مسائل جديدة، أو قد يصل في نهاية المطاف أولئك الذين ينجحون في ظل الظروف الجديدة وقد دربوا عدداً أكبر بكثير من الطلاب الأكثر موهبة الذين يتابعون أعمالهم.

لا شك في أن الكلية الخفية نظام يضم مجموعة من الأفراد والمؤسسات المكرسة للسعي المشترك وراء المعرفة العلمية. وهي مفتوحة: يستطيع العلماء أن ينتقلوا من مجال إلى آخر أو أن يفتحوا مجالات جديدة كلية للدراسة. ويقدم تطور الكيمياء الحيوية في بداية القرن العشرين مثلاً على هذا. فقد وجدت الكيمياء وعلم الأحياء كمجالين منفصلين أرضية مشتركة بنسبة متزايدة لدمج الموضوعات والأهداف البحثية. ومع ازدياد تعقد تفاعلاتها وتحولها لتصبح ذات طابع مؤسسي، برزت الكيمياء الحيوية كفرع ثانوي جديد. ويرى الباحثون اليوم أن الكيمياء الحيوية هي الفرع الأكثر اتصالاً بالفروع الأخرى بين جميع الميادين العلمية². ويمر اليوم علم العناصر متناهية الصغر (nanoscience) بعملية مماثلة كفرع ثانوي حديث الوجود. ورغم أنه لم يعرف بعد على نحو كامل، إلا أنه يمثل اندماجاً واتحاداً بين الفيزياء والكيمياء وعلم المواد وعلم الأحياء³.

وأخيراً، وكما يشير ظهور مجالات جديدة، فقد أصبح وجود الكلية الخفية أمراً ملحاً. ولا وجود لهيئة مركزية تُملي عليها تنظيمها ونموها، بل يتحدد اتجاهها بالتفاعلات بين كل من العلماء الذين يتواصلون في ما بينهم لتبادل النتائج التي يتوصلون إليها والتفكير ملياً بها، وإنشاء الشركات عند الحاجة وتغيير المسار استجابة للفرص والمعوقات الجديدة، ويقررون مجتمعين شكل النشاط العلمي وكيفية تطور المعرفة عبر تحديد نوع البحث المراد متابعته واختيار الأشخاص للعمل معهم وتحديد زمان إجراء ذلك البحث ومكانه وكيفيته.

لكن لماذا نصف الكلية الخفية بأنها مسألة نظام تكيفي معقد؟ للسبب البسيط الآتي: فقد وجد علماء الفيزياء طرقاً تقيس ديناميات هذه النظم وتتوقع طريقة تطورها، بصورة احتمالية على الأقل. ورغم أن النشاط ضمن الكلية الخفية موجه ذاتياً إلى حد كبير، إلا أنه ليس عشوائياً، بل يتبع أنماطاً وقواعد محددة. وبكشف هذه الأنماط والقواعد، لا يمكننا أن نفهم كيفية عمل الكلية الخفية فحسب، بل أيضاً كيفية تأثير واضعي السياسات في تطورها ونموها وكيفية توزيع منافعها.

الخطوة الأولى باتجاه تحقيق هذه الغاية هي الاعتراف بأن الكلية الخفية نوع خاص من النظم التكيفية المعقدة، "شبكة ذات مقياس حر". ولفهم معنى ذلك، علينا أن نتحرى ثلاثة أسئلة: ما هي الشبكة؟ ما هي الشبكة ذات المقياس الحر؟ وكيف تعمل هذه الشبكات؟

ما هي الشبكة؟

الشبكة طريقة اصطلاحية لوصف أي مجموعة من العلاقات المتشابهة بين الأشياء أو الأطراف الفاعلة. ويتم إنشاء الشبكات من مكونات قائمة بذاتها لكنها يمكن أن تكون مترابطة. لنأخذ أجزاء شبكة النقل، مثل المطارات وطرق الحافلات والطرق السريعة، فكل منها نظام فرعي من نظام النقل الكبير، ويمكن أن يكون كل منها قائماً بذاته، ويمكن دمج الأنماط الثلاثة على نحو يوفر كفاءات وقدرات جديدة. وبالمثل، يمكن أن تكون المجموعات البحثية والميادين التخصصية والمؤسسات قائمة بذاتها ضمن الكلية الخفية، لكنها يمكن أن تعزز قيمتها على نحو كبير إذا ما أنشأت روابط مع عناصر النظام الأخرى.

تمتع الكلية الخفية بسمة إضافية تميزها عن شبكة النقل أو شبكات البنية التحتية الأخرى: فهي تنمو وحدها بعيداً عن اهتمام أعضائها بالتواصل في ما بينهم. وتعتبر آخر نقول إنها نظام ناشئ. يمكن تعقب هذه الروابط عبر تفحص الأعمال المنشورة التي يقدمونها في نهاية المطاف.

وتعتبر الكلية الخفية ملائمة على نحو خاص للدراسة كشبكة اجتماعية لأنها تقدم قدراً هائلاً من البيانات حول العلاقات التي ترعاها. ومن الممكن مثلاً جمع أسماء العلماء المشاركين في مشروعات محددة أو العاملين في مؤسسات معينة ومن ثم تعقب الروابط بينهم⁴. ويعترف مؤلفو الكتب العلمية عادة بالقيم الفكرية التي يدينون بها للباحثين الآخرين عبر الاستشهاد بأقوالهم أو الإشارة إليهم أو التنويه بفضلهم خطياً⁵. ويمكن جمع أدلة أخرى على أنماط المشاركة في وضع المؤلفات، بما فيها مدى التعاون بين العلماء والباحثين في ميادين ومؤسسات وبلدان أخرى. تساعد هذه البيانات في الكشف عن شبكات معرفية تكون دعماً للأعمال المنشورة.

تنشأ الكلية الخفية من قرارات حريضة ومتأنية من جانب الباحثين للمشاركة في الموارد، وخاصة عندما يتضمن التعاون التزاماً على المدى البعيد. ويلاحظ أن الأفراد يحسبون التكاليف والمنافع عند اتخاذ مثل هذه القرارات. لكن تكاليف إنشاء شركة بحثية قد تكون مرتفعة، وقد يتطلب المشروع تكاليف زمنية ومالية (والكلفة الزمنية للفرصة والمبالغ المالية المخصصة للبحث التي يمكن إنفاقها على مشروع آخر). فضلاً عن ذلك، فإن التعاون يتطلب من الباحثين أن يتخلوا عن بعض التفرد الذي يحيط ببياناتهم والنتائج التي يتوصلون لها (كما يوضح مشروع بيبوساكس). وللاستفادة من شبكة لابتدعية تتدفق فيها المعلومات في كلا الاتجاهين بين الشركاء، ينبغي على المشاركين أن يتبادلوا معلومات قيمة في ما بينهم (المعاملة بالمثل) أو توفير مصدر لها (التكامل)؛ لذلك فإن المشاركة ليست مجانية. وبالرغم من أن الشبكة يمكن أن تكون مفتوحة للأعضاء الجدد، فإنه ينبغي أن يكون لدى العضو الجديد المحتمل شيء يقدمه، مثل الخبرة أو الموارد، وهذا ما يجذب الأعضاء الموجودين إليه⁶. كذلك فإن سعر الدخول آخذ في الارتفاع مع ازدياد نضج الشبكة. فمثلاً، من المستبعد أن يرحب فريق أبحاث بدأ منذ عام بوافد جديد يشارك في عمله إلا إذا جاء هذا الشخص ببيانات من شأنها تحويل اتجاه البحث أو بقدرات بحثية فريدة.

وماذا يكسب العلماء بالمقابل من إسهامهم في شبكة بحثية أو فريق أبحاث؟ غالباً ما تتضمن المكاسب الفورية لهذا الإسهام الوصول إلى موارد محددة وغير عادية وقدرات مكملية ومتكاملة وصلات جيدة مع الأشخاص ناهيك عن التمويل⁷. ويمكن للعلماء، على سبيل المثال، أن يستفيدوا من شبكة من الزملاء في الوصول إلى موارد نادرة، مثل عينة تربة، أو بيانات فريدة، مثل موقع انفجارات أشعة غاما. وعادة ما تعد مثل هذه المكاسب المباشرة حافزاً على إنشاء شركة محددة.

وبالرغم من ذلك، فإن المكاسب غير المباشرة للتعاون لا تقل أهمية عن النتائج المباشرة. إذ إن العلماء عبر المشاركة في شركات بحثية يعززون عضويتهم في الشبكة الأوسع التي تؤلف الكلية الخفية. وبذلك، فهم يحققون قدراً أكبر من إمكانية التبادل العالمي للأفكار والمعلومات المجانية القائمة ضمن الروابط الضعيفة داخل الشبكة (أو "الصلات الضعيفة" وهي العلاقات بين "أصدقاء الأصدقاء" التي

يمكن أن تصبح روابط مفيدة للحصول على المعلومات، كما نوضح لاحقاً في هذا الفصل)، وهي أفكار ومعلومات يمكن أن تأخذ البحث في النهاية إلى اتجاهات غير متوقعة. والشبكات الاجتماعية مثل الكلية الخفية تحقق هذه الوظيفة جزئياً لأنها تقدم طرقاً مختصرة إلى المعلومات، إذ لا توجد طريقة تسمح بمعرفة جميع الأشخاص الآخرين الذين يحتمل أن تكون لديهم معرفة مفيدة، أو حتى لمعرفة هؤلاء الأشخاص، نظراً لحجم المجتمع البحثي. لكن الشبكات تقدم خدمة أساسية بدمج هذه المعلومات وتوزيعها، سواء عبر قنوات رسمية مثل الأدلة الإلكترونية (directories) أو عبر الروابط بين الأشخاص.

والأهم من ذلك أن الشبكات الاجتماعية تعزز تبادل المعرفة والموارد عبر بناء الثقة⁸. وهي بتسهيل تكرار التفاعلات وتداول المعلومات (ومنها بلا شك معلومات عن سمعة الأفراد) وتطور معايير المجموعة تساعد على تكوين ما يسميه "فرانسيس فوكوياما" المجتمعات ذات القيم الأخلاقية المشتركة. ويرى "فوكوياما" أن هذه المجتمعات "لا تتطلب عقداً واسع النطاق وتنظيماً قانونياً لعلاقاتها لأن الإجماع الأخلاقي المتوفر آنفاً يمنح أفراد المجموعة أساساً للثقة المتبادلة"⁹. ويصف آخرون هذه السمة الأساسية للشبكات بأنها "رأس المال الاجتماعي"¹⁰. وكما يدل المصطلح، فإن رأس المال الاجتماعي سلعة يمكن للمجموعة أن تكسبها وتكتسبها وتنفقها، ويتم اكتسابها على نحو أساسي عبر التطوير أو التعلم والامتنال لقواعد المجتمع والتحدث بلغة مشتركة وإظهار قيم مشتركة، (جرب التحدث بلغة الفيزياء مع عالم فيزياء). وكما يشير "فوكوياما"، فإن الأفراد لا يستطيعون الحصول على رأس المال الاجتماعي اعتماداً على أنفسهم، بل هو ملكية قائمة على سمات اجتماعية للمجموعة وليس للفرد.

يظهر أن احتمال نشوء التعاون يصبح أكبر، ومن ثم يكون منعمراً أكثر، ضمن الشبكات العلمية التي تتمتع برأس مال اجتماعي واسع. فأعضاء هذه الشبكات مستعدون لتبادل المعلومات بحرية أكبر وللارتباط بالتزامات أطول أمداً عند انضمامهم إلى المشروعات لأن لديهم ثقة أكبر بأن هذه الالتزامات سوف تؤدي ثمارها ولأنهم واثقون من احترام مبدأ المعاملة بالمثل. إن معايير المعاملة بالمثل والمنافسة الشريفة التي تميز هذه الشبكات (إضافة إلى العلم بأنه من المستبعد

التفاضلي عن انتهاك هذه المعايير) تساعد على تهدئة مخاوف العلماء من أن الباحثين الآخرين قد يقومون بسرقة بياناتهم أو تزوير النتائج أو إظهار عملهم المشترك وكأنه ثمرة عملهم وحدهم. وبالمقابل، فإن المخاطر المرتبطة بتبادل المعلومات في الشبكات المتفرقة ذات رأس المال الاجتماعي الصغير قد تترك العلماء يعملون بمفردهم وإنتاجية أقل، مع قدر قليل من رجوع الصدى أو ردود الأفعال، (فكر في الطراز البدائي). وتشير البيانات إلى أن العلماء يسعون على نحو متزايد إلى العمل في هذه الأنواع من الترتيبات التعاونية ضمن الفرق التي تنشئ رأس المال الاجتماعي وتستفيد منه في الوقت نفسه وتسمح من الناحية النظرية بتحقيق أهداف محددة يتعذر تحقيقها في غياب هذه الترتيبات¹¹.

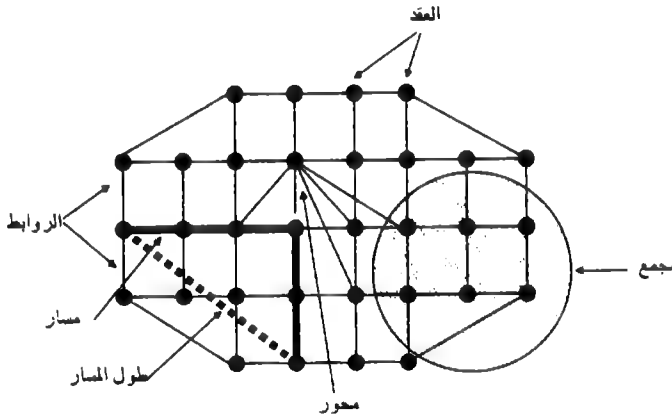
إن الكلية الخفية تيسر إنشاء رأس المال الاجتماعي، وتساعد في نهاية المطاف على إيجاد المعرفة عبر تنظيم ممارسي العلم ضمن مجموعات ذاتية التحديد وذاتية الاختيار تنظم على مستوى التخصصات العلمية والحقول الفرعية. وليست حدود التخصص واضحة (عند أي نقطة تختلف الكيمياء الحيوية عن البيولوجيا الجزيئية من الناحية العملية؟) لكن من الممكن القول عند النقطة ذاتها سواء بالنسبة للمراقب الداخلي أو الخارجي إن شخصاً ينتمي إلى هذا الحقل العلمي وليس إلى الآخر. يعتمد هذا التصنيف على معرفة الباحث وتدريبه وإسهاماته ووصوله إلى الموارد، إضافة إلى كيفية تعريفه له. وبهذه الطريقة يصبح من الممكن لعالم مثل "أولا لندستروم"، وهي عالمة بيئة سويدية معروفة، أن تطالب بحصة في أبحاث علم التربة. ويلقى هذا التعريف دعماً بفضل الموضوعات التي درستها وشبكة الأشخاص الذين يعترفون بأنها عالمة في مجال التربة والراغبين في إدخالها ضمن تبادل الاتصالات الخاصة¹². يؤلف هؤلاء الأشخاص مجموعة اجتماعية يتم تحديدها عبر الاعتراف المتبادل في ما بينهم وموضوع اهتمامهم وبمستوى الثقة الذي لدى الأعضاء في أعمال الآخرين، والذين يعرفون بعضهم شخصياً بينما يجري التأكد من بعضهم الآخر عبر الاتصال بغيرهم من الأعضاء الموثوقين ضمن المجموعة.

ينبغي على هذه المجموعات أن توجد بعض التوازن بين الاستقرار والتباين في تحديد المجموعة حتى تحافظ على استمراريتها. فكل مجال رئيس أو فرعي في العلم يعطي مسميات مشتركة ومجموعة من التقنيات. وبالاتفاف حول مجموعة من

المعلومات والمبادئ المقبولة، يمكن للباحثين أن يسرّعوا عملية اكتسابهم للمعارف الجديدة. فيتم بناء كل تجربة جديدة أو اكتشاف جديد على إطار مشترك، ولا يجبر أحد على "إعادة اختراع العجلة". ويمكن اعتبار هذا المخزون من المعلومات بمنزلة "رأس مال معرفي"، أو "نموذج علمي" وفقاً لمصطلحات "توماس كون"¹³. لكن لا يمكن في النهاية أن ينمو المجال بغياب التباين في هيئة أفكار جديدة وأشكال من الخبرة. وعادة ما تستجيب المجموعات إلى هذا التحدي بوضع معايير خاصة للاعتراف بوجود التحديات الماثلة أمام النموذج السائد وتقييمها وقبولها.

ما هي الشبكة ذات المقياس الحر؟

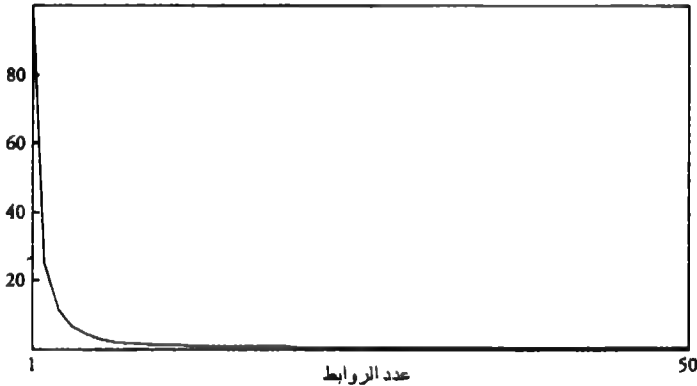
للحصول على فهم لبعض السمات الخاصة بالأكاديمية العالمية الخفية، من المفيد أن نتصور هيكليتها باستخدام لغة نظرية الشبكات. حيث تسمى عناصر الشبكة بالعقد أو النقاط، ويدعى الاتصال أو الصلة بين العقد بالرابط: يمكن تصور الروابط برسم خط بين النقاط. وتسمى العقد التي تحوي عدداً كبيراً من الصلات بالمحاور (hubs). يصور الشكل 1-3 هذه السمات، إضافة إلى بعض المكونات الأساسية الأخرى للشبكة. لتصور مثلاً نظام النقل الجوي في الولايات المتحدة. حيث يمثل كل مطار عقدة، مهما يكن حجمه. وتمثل الرحلات بينها الروابط. أما مطارات المدن الرئيسية، مثل دنفر وأتلانتا، التي تجمع المسافرين وترسلهم إلى وجهاتهم فهي محاور الشبكة.



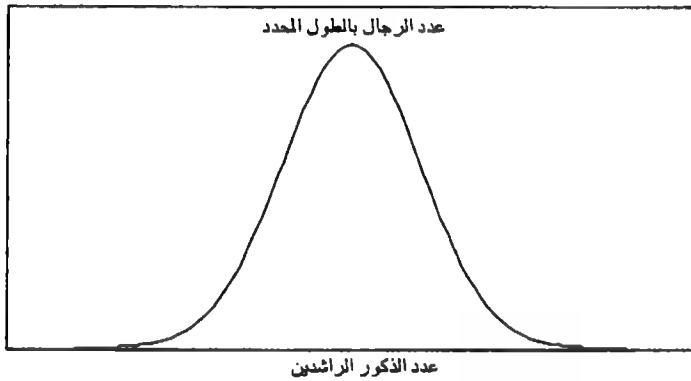
الشكل 1-3. مميزات الشبكة الاجتماعية

يمكن تصور الكلية الخفية بنفس الطريقة تماماً فيكون كل باحث بمنزلة نقطة وتكون الصلات بين الباحثين بمنزلة الروابط (التدريب والتعاون في وضع المؤلفات وما إلى ذلك). وبعد ذلك، إذا درسنا التكرار النسبي للصلات بين الباحثين عبر إنشاء مخطط يمثل فيه كل قضيب شاقولي عدد الأشخاص الذين لديهم عدد محدد من الروابط، ينشأ لدينا نموذج مثير للاهتمام. وربما توقعنا أن يأخذ التوزيع شكلاً مشابهاً لمنحني الجرس حيث تكون لبضعة أشخاص صلة واحدة أو اثنتين، بينما تكون لدى بضعة آخرين آلاف الصلات، ويقع باقي الأشخاص في موضع ما بينهما. لكن الواقع أن توزيع الصلات في المخطط الذي أنشأناه للتو هو نموذج ذو مقياس حر يتبع ما يسميه علماء الرياضيات "قانون القوة"¹⁴.

يبدأ توزيع قانون القوة عالياً على طول المحور الشاقولي وينحدر بسرعة (الشكل 3-2). وعلى النقيض من هذا يأتي منحني شكل الجرس مثل التوزيع الطبيعي (الشكل 3-3) الذي يشكل ذروة عند قيمته الوسطية: وتساوى فيه القيمة الوسطية والقيمة النمطية (الأكثر شيوعاً)، بينما يبلغ توزيع قانون القوة ذروته عند قيمته الأدنى، وتقع قيمته الوسطية في مكان ما إلى يمين الذروة. لكن القيمة الوسطية ليست بأي شكل كان هي القيمة السائدة ولهذا السبب فقد دعت الشبكات التي تتبع هذا التوزيع بالشبكات ذات المقياس الحر¹⁵.



الشكل 3-2. مثال على توزيع قانون القوة



الشكل 3-3. مثال على التوزيع الطبيعي

يفضل كثير من المحللين تقديم الرسوم البيانية لقانون القوة بتمثيل لوغاريتمي. وهذه الرسوم البيانية التي تستخدم المقياس اللوغاريتمي على كلا محوريها تحول المنحني المبين في الشكل 2-3 إلى مجموعة من النقاط التي تقارب خطاً مستقيماً مائلاً نحو الأسفل. وتمثل الرسوم البيانية لقانون القوة الرسوم البيانية الأساسية للنظام التكيفي المعقد¹⁶.

يمكن إيجاد التوزيع ذي المقياس الحر في مجموعة واسعة من البيئات، من الإنترنت إلى التفاعلات بين البروتينات ضمن خلية واحدة¹⁷. ويلاحظ في جميع هذه النظم وجود بضعة عناصر كبيرة للغاية أو متكررة أو جيدة الربط، بينما تكون الغالبية العظمى صغيرة جداً أو نادرة أو معزولة أساساً. لندرس شبكة الإنترنت العالمية مثلاً، فبالرغم من أن بضعة مواقع مثل غوغل تنال حصة الأسد في تصفح الإنترنت، إلا أن معظم صفحات الإنترنت لا تحظى بأكثر من بضع نقرات في اليوم¹⁸. وينطبق الشيء ذاته على شبكة الموجهات (الراوتر) التي تمد الشبكة بالطاقة¹⁹. وبالمثل، فإن حجم المدن حول العالم يتبع توزيعاً ذي مقياس حر، حيث نرى حفنة من المدن الضخمة يليها عدد ضئيل من المدن الكبيرة، ثم الكثير من المدن الأصغر ومئات الآلاف من المدن الصغيرة. وينطبق التوزيع ذاته على الثروة، فهناك حفنة من أصحاب المليارات وعدد أكبر من أصحاب الملايين في العالم، لكن غالبية الناس تملك القليل من الثروة، إن وجدت. نصادف هذا التوزيع المحف في كثير من النظم²⁰.

يرتبط معظم الأفراد ضمن نطاق العلم بعدد صغير فقط من الزملاء، وعادة في المؤسسة ذاتها التي يعملون فيها أو حيث تلقوا التدريب. لكن حفنة من الباحثين النجوم الحائزين على جائزة نوبل أو رؤساء المختبرات الرئيسية قد تدرّبوا مع مئات من العلماء في أنحاء العالم أو أشرفوا عليهم أو تعاونوا معهم. ويظهر هذا النمط الذي أنشأه "ألفريد لوتكا" منذ زمن طويل عام 1926 في توزيع الاستشهاد بالأقوال في المؤلفات الأكاديمية²¹. وبعد ذلك بنحو أربعين سنة، أظهر "ديريك دي سولا" أن عدد الدراسات العلمية التي ينشرها العلماء يتبع قانون "لوتكا" (كما أشير إليه في بداية هذا الفصل)²². كما أظهر "مارك نيومن" في الآونة الأخيرة أن شبكات التعاون في وضع المؤلفات التي نتجت عن التشارك في نشر الدراسات العلمية على المستوى العالمي تتميز هيكلية ذات مقياس حر²³.

تعد هذه النتائج مهمة، فإذا كانت الكلية الخفية في الواقع شبكة ذات مقياس حر، يمكننا افتراض أنها تتخذ سلوكاً مشابهاً لسلوك الشبكات الأخرى ذات المقياس الحر. على سبيل المثال، تعد هذه الشبكات مرنة نوعاً ما أمام الإصابات العرضية لكنها يمكن أن تصاب بالشلل بسهولة إذا ما أزلنا بضعة محاور رئيسة²⁴. والأهم من ذلك عندنا أن الآلية ذاتها تظهر لتوجه نحو مجال واسع من الشبكات ذات المقياس الحر. أطلق عالما الفيزياء "بارايتشي" و"ألبرت" على هذه الظاهرة اسم "الارتباط التفضيلي"²⁵ (preferential attachment).

وتصف نظرية الارتباط التفضيلي هذه طريقة الوافدين الجدد في اختيار الأشخاص الفاعلين الذين يريدون إقامة الصلات معهم عند انضمامهم إلى إحدى الشبكات. عادة ما تكون هذه الخيارات مقيدة بتوافر الصلات وبوضع الوافد الجديد في الشبكة، لكن أعضاء الشبكات الجدد على العموم يحاولون إقامة صلات مع الأشخاص المعروفين أكثر والذين يتمتعون بصلات أفضل. إن الانجذاب إلى الأفراد المعروفين وذوي الصلات الجيدة أمر واضح: فهم يقدمون الكثير من المكاسب إلى الأعضاء المستجدين، ومنهم الحاصلون الجدد على درجة الدكتوراه، إذ إن العلماء ذوي الصلات الجيدة يتحكمون بالبيانات والأجهزة والتمويل والوصول إلى الموارد والفرص الأخرى. وهم بالنتيجة يجذبون الصلات، الصلات الأعلى جودة، بمعدل أكبر بكثير من الباحثين الأقل شهرة. تولد هذه العملية في

النهاية هيكلية ذات مقياس حر يبرز فيها بضعة نجوم أو محاور على عدد أكبر بكثير من الباحثين العاديين²⁶. ويتناول الفصل الرابع سيراً لهذه العملية وتبعاتها بمزيد من العمق.

كيف تعمل الشبكات؟

يبين الارتباط التفضيلي كيف تتطور طبوغرافية شبكة مثل الكلية الخفية. ومع ذلك ينبغي أن نلقي نظرة على ظاهرة أخرى لتوضيح كيفية عمل هذه الشبكات وكيفية تكون الصلات التي تولفها وتدعمها. وهناك ثلاثة مفاهيم أساسية في هذا التوضيح: "الروابط الضعيفة" و"ظاهرة العالم الصغير" و"الغزارة".

الروابط الضعيفة هي الصلات الاجتماعية التي نادراً ما نستفيد منها²⁷. أما الروابط القوية للعالم بوصفه فرداً فيرجح أن تشمل أسرته وأصدقاء المقربين وزملاءه الذين يصادفهم كل يوم. وبالمقابل، يمكن أن تشمل روابطه الضعيفة باحثاً يصادفه من وقت إلى آخر في المؤتمرات أو أحد معارفه من الكلية الذي التقى به في المناسبات، أو واحداً من رفقاء السفر يصادفه في بعض الأحيان أثناء انتظار وصول القطار. عندما نضع تصوراً لشبكة من العلاقات، يمكن أن نرى الروابط الضعيفة على نحو مساحات رقيقة نسبياً أو غير متصلة بين العقد²⁸. ومع ذلك يمكن أن تكون قيمة للغاية. فالروابط الضعيفة قد تؤمن لنا اتصالاً، مثلاً، بـ "صديق لأحد أصدقائنا" يمكن أن يقدم لنا معلومات أو ترفيحاً أو صلة بأشخاص آخرين. لنعد إلى مثال عالمة التربة، فقد يتطلب مشروعها البحثي تصدير عينات من التربة (مثلما نرى في كثير من هذه المشروعات)، وربما كانت لا تعرف أحداً مطلعاً على أنظمة التصدير، لكن يمكنها ذكر ذلك أمام زميل يزور بلدتها لعقد ندوة ويعرف شخصاً يمكن الاتصال معه بهذا الخصوص.

وجد "مارك غرانوفيتز" في خضم عمله الأساسي في هذا الموضوع أن الروابط الضعيفة تلعب دوراً حاسماً في بناء المجموعات ضمن الشبكات الاجتماعية²⁹. ففي مجال العلوم مثلاً، نرى أن الروابط المهنية القوية عند الباحث، مع الأشخاص الذين يستفاعل معهم بصورة يومية أو تربطه بهم روابط وثيقة جداً، تميل لأن تعمل بنفس أسلوب المختبر أو المؤسسة أو الحقل. فإذا أراد الوصول إلى أشخاص من خارج

جماعته أو الاتصال بعلماء ضمن اختصاص آخر، فمن الأرجح أن تشكل الحلقة الحاسمة (crucial link) من الرابط الضعيف، وليكن مع متحدث زائر لديه اهتمامات ذات علاقة بالأمر لكن ضمن مجموعة مختلفة من الصلات، وهذا الاختلاف ضروري لإنتاج أفكار جديدة.

ومن ثم، فإنه من الأرجح أن تتيح الروابط الضعيفة فرصة للوصول إلى أشخاص لديهم أفكار مختلفة وصعبة أو صلات تتجاوز دائرة الفرد الناتجة عن اتصالاته اليومية. وربما أدى تقدم الأفكار الجديدة عبر الروابط الضعيفة إلى تحفيز الإبداع واكتشاف المواهب. واعترافاً بهذه الصلة، فإن بعض المؤسسات تولي رعاية هذه الروابط اهتماماً خاصاً. ومن أمثلتها "مركز المواد متناهية الصغر" (CNM) في مختبر آرغون الوطني في الولايات المتحدة، حيث تتغذى علوم المواد متناهية الصغر (nanoscience)، كعلم ناشئ، على الروابط الضعيفة بين أشخاص من تخصصات مختلفة كثيرة. وتبعاً لذلك، اعتمد "مركز المواد متناهية الصغر" نموذجاً تنظيمياً جديداً يدور حول فرق مرنة، كما يوضح "ديريك مانشيبي" أحد علماء الفيزياء في المركز:

ونظراً للطابع متعدد التخصصات في أبحاث علوم المواد متناهية الصغر، فلن يكون النموذج الأكاديمي القديم كافياً. إننا نحاول تشجيع فرق متحركة ومرنة، وهذا النموذج يختلف عن النموذج التقليدي القديم ويختلف حتى عن الجامعات التي وضعت لتكون مركزاً من أجل الحصول على الأموال. يأتي الناس [إلى "مركز علوم المواد متناهية الصغر"] بفكرة عما يريدون القيام به... وعلينا أن ندرك أن بعض الأشخاص يهتمون بالأجهزة، ويهتم آخرون بالتقنية، ويهتم غيرهم بمسائل علمية. والطريقة الأفضل لتنظيم البحث هي مكافأة الناس على القيام بعملهم على الوجه الأفضل. وهذا الأسلوب يحقق نتيجة أفضل مع الفرق، حيث يستطيع الأشخاص الاتصال في ما بينهم عند الحاجة، ومن ثم العودة إلى مقاعدكم لحل مشكلاتهم³⁰.

لا نسوق هذا لنقول إن الروابط القوية ليست بذات أهمية. فهي تساعد على إيجاد رأس المال الاجتماعي وعلى بناء المعرفة والاحتفاظ بها ضمن معايير محددة، أو بتعبير آخر قاعدة "كيونيان" المستقرة "العلوم الطبيعية" (التي تمثل الممارسة اليومية المعتادة للتخصصات العلمية المعروفة). لكن التواصل وتلاقح الخبرات بين المجموعات لن يكونا إلا محدودين في شبكة تتألف في الغالب من مجموعات مرتبطة بروابط قوية

وتحتوي عدداً ضئيلاً جداً من الروابط الضعيفة بينها، وسوف تكون المعرفة محلية تماماً، سواء على المستوى الجغرافي أو في مجال الاختصاص. وبالمقابل، يمكن أن تشكل الشبكة وأعضاؤها، عبر مساعدة الروابط الضعيفة على التكاثر، ظروفًا أكثر خصوبة لتبادل الأفكار وتوسيع المعرفة. ويتم تنظيم مركز علوم المواد متناهية الصغر لتيسير هذا التبادل عبر تسهيل الاستفادة من الروابط القوية والضعيفة على حد سواء عند الحاجة.

تعمل الروابط الضعيفة جزئياً عبر تعزيز ظاهرة العالم الصغير³¹. وهي الفكرة الشائعة بأن كل فرد يقع ضمن مسافة ست درجات من التباعد عن شخص آخر على كوكب الأرض³². (يقع كل فرد في هوليوود ضمن ست درجات من التباعد عن "كيفن بيكون")³³. وإذا استخدمنا لغة الشبكات، فهذا يعني أنه من الممكن ربط أي عقدتين ضمن شبكة اجتماعية كبيرة عبر عدد قليل من الخطوات³⁴. يدعى هذا التسلسل من الخطوات أو الروابط من عقدة إلى أخرى بالمسار، وتسمى المسافة بين أي عقدتين ضمن الشبكة بطول المسار.

واعتماداً على دراسته للشبكات العلمية، خلص "مارك نيومن" إلى أن الأكاديمية العالمية الخفية تنسم إلى حد بعيد بمسارات قليلة الطول:

وجدنا أن المسافات المعتادة بين زوجين من المؤلفين عبر الشبكات هي مسافات قصيرة، وأن الشبكات تشكل "عالمًا صغيرًا" بالمعنى الذي ناقشه "ويلغرام"، وأنها ذات مقياس لوجاريتمي من أجل إجمالي عدد المؤلفين في الشبكة، وهذا يتفق منطقياً مع توقعات نموذج المسار العشوائي... ونعلم أيضاً أن غالبية المسارات بين معظم المؤلفين وبين غيرهم من العلماء في الشبكة تدل على حصول تعاون واحد أو اثنين فقط بينهم³⁵.

ولا تزال هذه النتيجة الأخيرة دليلاً إضافياً على أهمية المحاور في الشبكات الاجتماعية. وقد لاحظ "ويلغرام" هذا النموذج أيضاً في عمله الأصلي.

يمكن أن تكون لأطوال المسارات القصيرة قيمة خاصة لدى أعضاء الشبكات من ذوي المكانة المتواضعة الذين يفتقرون إلى كثير من الصلات المباشرة، وخاصة مع المحاور. فمثلاً، من المستبعد أن يتلقى زميل عادي في مرحلة ما بعد الدكتوراه إجابة واعدة إذا اتصل بواحد من نجوم الاختصاص فجأة وطلب منه التعاون معه في مشروع ما. لكن إذا ذهب مدرسه مثلاً إلى الكلية مع شخص تدرب على يد ذلك الباحث المتألق، فقد يتمكن ذلك الفرد من إقناعه بأن يقول كلمته الحاسمة.

من الواضح أن ظاهرة العالم الصغير تعمل عبر روابط قوية وضعيفة أيضاً. تمثل المجموعات قوية التكامل ضمن الشبكات عوالم صغيرة، بتعريفها. بالرغم من ذلك توسّع الروابط الضعيفة بحال العوالم الصغيرة وتوجد إمكانية لإنشاء روابط مباشرة داخل نطاق أوسع وأهم من الأفراد أو عناصر الشبكة. وبهذه الطريقة، نجد أن الروابط الضعيفة يمكن أن تؤدي إلى أشكال خلاقة ومثمرة على نحو مميز من التعاون والتبادل.

ترتبط ظاهرة العالم الصغير ارتباطاً وثيقاً بفكرة الغزارة، أو وجود مسارات متعددة بين العقد في شبكة اجتماعية³⁶، إذ تؤدي الغزارة إلى نشوء المجموعات والمجموعات ضمن الشبكة غنية الروابط وهي بذلك ذات أطوال مسارات قصيرة في معدلها. ويمكن للغزارة أن تشكل شبكة على درجة عالية من المرونة أو النشاط؛ أي أن اتصافها ككل لا يتأثر سلباً بإلغاء بعض الروابط أو العقد عشوائياً. لنأخذ مثلاً شبكة للنقل تستخدم ثلاث طرائق متاحة بغزارة من أجل التنقل. فإذا تعطلت سيارتك، يمكنك أن تستقل الحافلة للذهاب إلى العمل.

وغالباً جداً ما يكون لدى الباحثين في المجالات العلمية كثير من الزملاء يتواصلون معهم ضمن صلات اجتماعية عامة أو فائضة، فتكون صلاحتهم العامة مع أشخاص شاركوهم تدريباً مشابهاً أو معرفة مماثلة ويتحدثون لغة فنية مشتركة، ويتعاونون ويتنافسون سعيّاً وراء التقدير والموارد. إن الغزارة تعزز الاستقرار ضمن الشبكة الاجتماعية فضلاً عن الاحتفاظ بالمعرفة في أشكال ضمنية وصریحة، كما أنها ترعى الإنتاجية ضمن الشبكة عبر التأكد من أن مشروعات التعاون القيمة يمكن أن تتحقق بطرق مختلفة كثيرة وأن هذا التعاون لا يعتمد على توافر العقد على نحو فردي أو على قوة كل من الروابط بمفردها.

المجتمع الملكي كشبكة اجتماعية

يمكن لتاريخ أول كلية خفية أن يوضح كيفية عمل بعض سمات هذه الشبكات. لننظر، مثلاً، كيف أتى "جان أموس كومينسكي" ليتم تقديمه إلى أعضاء الجمعية الملكية المستقبلية. غالباً ما يعزى الفضل إلى "كومينسكي" المشهور بالاسم اللاتيني "كومينيوس" لابتكاره التعليم الحديث القائم على العلم في

أوروباً³⁷. وفي الثلاثينيات من القرن السادس عشر، عندما كان يعمل وزيراً ومعلماً في مورافيا (وهي الآن جزء من جمهورية التشيك)، استرعت كتاباته اهتمام رجل يدعى "صاموئيل هارتليب". وكان "هارتليب" حتى القرن السابع عشر بمنزلة السبابة الإلكترونية في القرن الحادي والعشرين. ولد "هارتليب" في إيرينغ، غرب بروسيا (وهي الآن جزء من بولندا) وتلقى التعليم في ألمانيا، وهاجر إلى لندن في الثلاثينيات من ذلك القرن هرباً من حرب الثلاثين عاماً. وقادته موهبته في اللغات ليعمل دور "مخبر"، فعمل وكيلاً لنشر الأخبار والكتب والمخطوطات في لندن من أنحاء أوروبا كافة. والتقى أثناء هذه الوظيفة كثيراً من أعضاء الطبقة الفكرية³⁸.

وكان "هارتليب" معجباً جداً بكتابات "كومينيوس" حول التعليم العالمي إلى درجة جعلته عام 1637 يقوم شخصياً بالترتيبات اللازمة حتى تقوم جامعة أوكسفورد بنشر العمل³⁹. كما تمكن من إقناع "كومينيوس" بالقيام برحلة شاقة إلى إنكلترا فوصل في أيلول/سبتمبر من عام 1641 حاملاً أفكاره حول التعليم⁴⁰. ويا للأسف، لم يترك الصراع المحتدم بين الملك والبرلمان سوى القليل من الوقت أمام المنخرطين في الحكومة للتحدث في شأن السياسات التعليمية مع رجل الدين القادم من مورافيا. وبالرغم من ذلك، استفاد "كومينيوس" من بقاءه في لندن، فكتب أطروحة مهمة حول التعليم والتقى بمجموعة صغيرة من الفلاسفة الطبيعيين ينظمها "هارتليب". وكان من بين الذين قاموا بهذه الاتصالات واحد من معارف "كومينيوس" السابقين، وهو مغترب ألماني من أبناء دينه يدعى "ثيودور هاك". وكان "هاك" بدوره مسروراً جداً بتعريف "كومينيوس" بكبار المفكرين في لندن، مثل "روبرت بويل"⁴¹. ويشير بعض المؤرخين إلى أن فكرة إنشاء كلية خفية للتجريبيين عرضت موضوعاً للنقاش للمرة الأولى في سياق واحد من هذه الاجتماعات، وأن "كومينيوس" ذاته هو الذي اقترح هذه التسمية على التجريبيين البريطانيين⁴².

توضح هذه الحلقة عدداً من السمات المشتركة بين الشبكات الاجتماعية. يؤدي "هارتليب"، مثلاً، دوراً مهماً في القصة كمحور يربط اللندنيين المثقفين، ليس بعضهم ببعض فقط بل أيضاً بغيرهم من المثقفين في القارة الأوروبية. وربما تمكن آخرون بين "أصحاب المهارات" هؤلاء من إنشاء صلات مع "كومينيوس"،

لكن ربما لم تكن لديهم بالضرورة الصلات التي تقنعه بأن يسافر بحتاً نصف أوروبا، فضلاً عن اجتياز القناة الإنكليزية، من أجل مشاركة أفكاره. وعندما قام "كومينيوس" برحلته الخطرة، استطاعت الروابط الضعيفة وظاهرة العالم الصغير أن تساعد "هارتليب" في جهوده لتقديمه إلى فلاسفة طبيعيين ذوي أفكار مشاهمة. وتبين أن ثمة رابطاً ضعيفاً بين "هاك" و"كومينيوس" وهو ما جعله أكثر تقبلاً لفكرة استضافة التجمع. ويبدو أن أهمية هذا التجمع كانت أكبر مما توقع أي شخص لأنه أدى إلى الفكرة التي جعلت المشاركين يولفون كلية خفية. لكن لو لم يكن "كومينيوس" قد عرض الفكرة في تلك الأمسية، فمن المرجح أنه كان سيرفضها بالرغم من ذلك في نهاية الأمر. أما أصحاب المهارات، وهم الضيوف الذين كان قد أدخلهم لتوه، فكانت لديهم الكثير من الروابط الوفيرة، الأمر الذي أوجد أرضية خصبة لتداول الأفكار.

المتاهة الناشئة

يمثل نظام المعرفة اليوم شبكة ناشئة يمكن أن تعدّ متاهة تضم العديد من المسارات المحتملة⁴³. يتم إنشاء طرق المسارات عبر الشبكة المعرفية على نحو ارتباط تفضيلي وعوالم صغيرة وروابط ضعيفة تصل بين الأشخاص أنفسهم وتصلهم بالموارد التي يحتاجونها للابتكار. وتنشأ الشبكة من اهتمامات الأفراد، ولا يمكن إنشاؤها عن قصد أو من أجزائها المكونة إلا بقدر ما يمكن تشكيل شجرة البلوط بهذه الطريقة. وبالمثل، فإنه لا يمكننا أن نتوقع حجم الاكتشاف العلمي ونطاقه، ولا سيما عندما يتعلق الأمر بالتحويلات النموذجية الأساسية التي تعدّ ثورات علمية. فمعظم التقدم الحاصل في العلوم والتكنولوجيا ثوري، وهو يكون العلوم الطبيعية وفقاً لمصطلحات "كون"⁴⁴. يحدث التقدم في العلوم الطبيعية عبر إعادة مزج المعارف الحالية⁴⁵. ويتسم هذا التقدم بأنه تدريجي، ولذا من السهل توقعه. لكن من المستحيل تقريباً توقع الاكتشافات الجديدة حقاً، تلك التي تغير مسار التقدم العلمي⁴⁶، فغالباً ما تنتج عن مزج أفكار من ميادين مختلفة كل الاختلاف، وهو ما يوضحه "هوب هوانغ" عالم الفيزياء الذي ترأس "مركز المواد الوظيفية متناهية الصغر" في مختبر بروكهافن التابع لوزارة الطاقة الأمريكية:

يأتي تعريفنا للحالي لعلوم المواد متناهية للصغر من واقع أن علماء المواد وعلماء الفيزياء وغيرهم أدركوا أن شيئاً مختلفاً تماماً يحدث للمواد عند مقياس متناه في الصغر، مختلف عما يرونه عند مستويات أخرى. وقد اكتشفنا [أي العلماء] هذه الظاهرة، لذلك فقد انبثقت بهذا المعنى من العمل التقليدي في مجال العلوم، لكنها جديدة بمعنى آخر: إذ تتكون أقسام جديدة في الجامعات على الدوام بسبب ذلك الاكتشاف بالذات. إن المفاهيم التي تركز على العلوم متناهية الصغر واسعة جداً إلى حد أنها تمتد على جميع التخصصات الحالية... ويتحقق النجاح الحقيقي في مجال العلوم عند اتخاذ نهج متعدد التخصصات لأن هذا [الاكتشاف] ربما لم يكن ليحدث في مكان آخر⁴⁷.

تنشأ المعرفة العلمية من مزج الأشخاص والأفكار والموارد⁴⁸. وتتنافس الأفكار الناشئة لجذب الاهتمام ضمن مجتمعات الباحثين، مثل النظريات المعروضة حول الهيكليّة المختلفة للمواد على المستوى الجزيئي، تماماً كما تتنافس أشجار البلوط حديثة العهد لتفوز بالموارد على أرض الغابة. تحظى الأفكار الجيدة بالنقاش ويجري تدوينها ويتم استعراضها من قبل الأقران وتُنشر في المجلات أو على شكل براءات اختراع أو معايير قياسية. وتستقر الأفكار الأفضل والأوسع قبولاً لتشكل نموذجاً فتستخدم مراراً وتكراراً، وهو ما يتضح من الاستشهادات ضمن المقالات في المجلات، أو من انتقال تراخيص براءات الاختراع من شركة إلى أخرى، أو تسويق المنتجات. وتصبح بعض الأفكار مقبولة على نطاق واسع، مثل فكرة الجاذبية الأرضية، بحيث لا يعود الاستشهاد بصاحبها أمراً ضرورياً.

ونظراً لصعوبة التوقع بموقع الاكتشافات والتطورات الجديدة وحجمها ونطاقها، فإن تصميم البحث على نحو مسبق غير ممكن: يمكن فقط توفير الظروف والمحفزات لتشجيعها. وتشكل هذه الظروف خلفية لازدهار العلوم. لا يشمل هذا المشهد مجموعة مهمة من الأشخاص والبنية التحتية والمؤسسات فحسب، بل أيضاً شبكات تربط بينها. وللأسف، فمن الصعب رؤية هذه الشبكات، كما أن الجهود الرامية إلى الاستفادة منها مضنية لوضعي السياسات والعلماء الذين لا يعرفون هيكليتها أو يتحدثون لغتها أو يفهمون كيفية عملها. وللمساعدة في جعل هذه الشبكات أكثر وضوحاً وإتاحتها على نحو أكبر أمام الراغبين بالانضمام إليها أو دعمها، أقدم إليكم طرقاً جديدة مفصلة لفهم متاهة المعرفة الناشئة وكيفية توجيهها في الفصول القادمة.

متاهة العالم:

فهم ديناميات الشبكات

"لكن أين دليلك؟".

أجبت: "ليس لدي دليل؛ لكنني أؤمن بالله وبأن عيني لن تضلاني".

فرد: "لن تحقق شيئاً. هل سمعت بـ متاهة "كريتان"؟".

أجبت موافقاً: "نعم، سمعت عنها قليلاً".

فتابع قائلاً: "إنها إحدى عجائب الدنيا؛ بناء يضم عدداً كبيراً من الغرف والفواصل والممرات على نحو يحتم على أي شخص يدخل إليها دون دليل أن يهيم على وجهه ملتصقاً طريقاً للخروج دون أن يجده. لكنها كانت مجرد مزحة مقارنة بترتيبات متاهة هذا العالم، وخاصة في أيامنا. خذ بنصيحة رجل ذي خبرة ولا تحملك ثققتك بنفسك على دخول هذه المتاهة وحدك!".

جان أموس كومينيوس

متاهة العالم وفردوس القلب

1657 ، (The Labyrinth of the World and Paradise of the Heart)

التحولات التكتونية: ظهور الشبكات العالمية

من المدهش أن العالم العلمي لا يختلف اليوم عما كان عليه دائماً منذ القرن السابع عشر، بالرغم من أننا ربما قدر لنا أن نراه بهذا الشكل، إذ لطالما كان العلم حديثاً على الدوام؛ فهو يشهد انفجارات كمية دائمة ويقف دائماً على حافة ثورة توسعية. ولطالما شعر العلماء أنفسهم غارقين في بحر من المؤلفات العلمية التي تزداد في كل عقد من الزمان بقدر ازديادها في جميع الأزمان السابقة.

ديريك دي سولا برايس، العلم الصغير والعلم الكبير

(مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، ص 11.

إن الأرض التي تظهر صلبة تحت أقدامنا واقعة فوق صفائح تكتونية. وهذه الصفائح تتحرك بطيئاً بالنسبة للبشر، لكن حركتها عبر آلاف السنين جعلت القارات والمحيطات على الشكل الذي نعرفه اليوم. فزحزحة الصفائح التكتونية تثير الزلازل، وهو ما يغير المشهد المادي الواقع على هذه الصفائح. وهذه الانتقالات بدورها مدفوعة بقوى منبثقة من أعماق الأرض. ووفقاً لنظرية تكتونية الصفائح، التي اقترحها "هاري هس" و"دونالد دايتز" كل على حدة في بداية الستينيات من القرن الماضي، فإن سطح قاع المحيط يتمدد مع اندفاع الرواسب "الماغما" من داخل الأرض¹. ومع ظهور "الماغما"، يتم دفع الصفائح التي يقع عليها سطح الأرض بعيداً عن السطح المنشأ حديثاً، بينما تُدفع الأجزاء القديمة من حواف الصفائح نحو الأسفل.

كذلك فإن المشهد الاجتماعي للتحقيق العلمي يتغير استجابة للتغيرات في بنيته الأساسية، مثل المشهد الطبيعي المادي من حولنا. لقد انتقلت هذه البنية الأساسية خلال 350 سنة مضت من نظام قائم على الفرد إلى نظام مهني، مروراً بنظام قائم على الأمم وصولاً إلى نظام اليوم القائم على الشبكات. ولا تزال

العلوم قائمة في فروع المخترعات والمواقع الميدانية حول العالم، لكن هيكليات التواصل التي تساعد على دفع التقدم في مجال العلوم والتكنولوجيا ما عادت معتمدة في المقام الأول على المؤسسات الوطنية. وبدلاً من ذلك، فإن الشبكات العلمية تعمل وترتبط بين الممارسين محلياً وإقليمياً وعالمياً، دون الاهتمام كثيراً بالحدود الوطنية.

إن هذا التحول في تنظيم العلم ناتج جزئياً عن سرعة التعاملات التي تحققت بفضل التقدم في تكنولوجيا المعلومات منذ بداية التسعينيات. أدت سرعة الإنترنت واختراع الشبكة العالمية إلى تحفيز تحول كان جارياً بالفعل. وكان من شأن هذه التطورات أن عززت قدرة العلماء وغير العلماء على حد سواء في الوصول إلى الأدوات والمعرفة العلمية وتشاركها. كما أنها زادت إنتاجية الأبحاث وكفاءتها بفضل تخفيض تكاليف المعاملات، ولا سيما بتيسير التعاون الموزع. لكن هذه التكنولوجيات لم تحدث في طريقة تنظيم العلم تغيراً أكبر مما سببه صدع سان أندرياس عام 1994 من هزة نورثريدج الأرضية في لوس أنجلوس. صحيح أن الصدوع الزلزالية هي إثبات لحركة الصفائح التكتونية، لكنها ليست سبباً لهذه الحركة.

يتم تنظيم العلم وممارسته استجابة لقوى صاعدة [من القاعدة إلى القمة]، وهي في هذه الحالة القوى الدافعة التي تحفز العلماء على التواصل، وهو بذلك يشبه الصفائح التكتونية للأرض. وهذه القوى تغير مشهد التحقيق العلمي، وكذلك مشهد التمويل والسياسات في القرن الحادي والعشرين. يركز هذا الفصل على تحديد العوامل التي تحفز التعاون والتنسيق بين العلماء على المستوى العالمي، ويبين كيف تظهر هذه القوى في نمو الأكاديمية العالمية الخفية وتطورها مع الزمن.

نظرة إلى داخل الأرض

تساعد قصة "مايكل فيهلر" و"هارو ساتو" على توضيح القوى التي تشجع التعاون ضمن الأكاديمية العالمية الخفية. فأحدهما من الولايات المتحدة والآخر من اليابان، ولم يتعارفا عبر أي هيئة أو مؤسسة أو منظمة، ولم تقم أي وزارة عالمية

للعلوم والتكنولوجيا بتنظيمهما ضمن فريق، بل أصبح هذان العالمان صديقين عام 1984 عندما زار "فيهلر" اليابان بصفته موظفاً في مختبر لوس ألاموس الوطني في نيومكسيكو التابع لوزارة الطاقة الأمريكية بهدف إجراء بحث عن الطاقة الحرارية للأرض. وخلال زيارته، اتصل "فيهلر" بـ "ساتو" بتوصية من أستاذه السابق الذي أشرف على أطروحته في معهد ماساشوستس للتقانة (MIT). وتبين أن "ساتو" لم يكن مضيفاً كريماً فحسب، بل كان أيضاً زميلاً ملهماً. وسرعان ما وجد العالمان أنهما يهتمان بمسائل بحثية متماثلة تتعلق بالأمواج الزلزالية، سواء كانت أمواجاً ناتجة عن الزلازل، أو عن الانفجارات النووية تحت الأرض.

ثم ازدهر تعاونهما في عام 1988 عندما حصل "ساتو" على تمويل من أجل دعوة "فيهلر" ليقم فترة طويلة في اليابان. واستفاد كلاهما من هذه الفرصة في كتابة عدد من الدراسات معاً فضلاً عن وضع كتاب موجز عن انتشار الموجات الزلزالية وتبعتها نشره المعهد الأمريكي للفيزياء عام 1997². وسرعان ما حظي عملهما بتنويه عشرات العلماء الآخرين، مما جعل هذين الشريكين بمنزلة محورين جذابين في الكلية الخفية لأبحاث علم الزلازل.

لم يزدهر تعاون "فيهلر" و"ساتو" بسبب تكامل قدراتهما فحسب، بل أيضاً بسبب وجود دوافع متشابهة لديهما نحو الابتكار والاكتشاف. فقد أجرى كل من هذين الشريكين بحثاً مبتكراً عالي الجودة؛ وجاء كل منهما بأفكار جديدة أغنت عملهما المشترك؛ وكان كل منهما يستطيع الحصول على التمويل من سبيل مختلف: "فيهلر" في الولايات المتحدة و"ساتو" في اليابان. وهناك أمر لا يقل أهمية، وهو أن العالمين اكتشفا وجود انسجام بين شخصيتيهما. وهذا ما يوضحه "فيهلر" قائلاً: "هناك كثير من الأشخاص الذين يجرون هذا البحث الآن، لكن قلة فقط تبحث على تضافر جهودها في هذا العمل. لدينا اهتمام بمجال العلوم ذاته، لكننا أيضاً ننسجم جيداً في الواقع؛ هناك الكثير من الاحترام والثقة بيننا"³. إن هذه السمات مجتمعة أكثر من كافية للتعويض عن الاختلافات الزمنية والمكانية واللغوية والثقافية التي توجب على الباحثين التغلب عليها من أجل العمل معاً.

وفي عام 2005، التقى "فيهلر" و"ساتو" في مؤتمر أقيم في سيتياغو في تشيلي متلهفين لمناقشة التقدم الأكثر إثارة للاهتمام في علم الزلازل عبر حقبة طويلة من

الزمن. وكان نقاشهما يدور حول الضحيج، لكنه ليس من نوع الثرثرة المعتادة في المؤتمرات، بل استخدام الضحيج كأداة جديدة للقياس في علم الزلازل. فالأحداث الزلزالية تولد بيانات على نحو موجات تلتقطها "شبكة رصد الزلازل العالمية" (Global Seismographic Network)، وهي مجموعة من 128 محطة زلزالية تقع في 80 بلداً ضمن جميع القارات. ويمكن للعلماء تحليل هذه البيانات، ولا سيما الزمن الذي تستغرقه الموجات في انتقالها من محطة زلزالية إلى أخرى، من أجل الحصول على فكرة وافية عن بنية الأرض. ومن خلال عملهما معاً، خطط "فيهلر" و"ساتو" لاستخدام البيانات من أجل توسيع فهمهما للأمواج التي تسبب الأضرار البالغة أثناء الهزات الأرضية. وبلاستفادة من الأفكار الجديدة عن القياس، استطاع كل منهما أن يعود إلى مصادره التمويلية من أجل توفير الموارد اللازمة للمضي في البحث قدماً.

نمو العلوم العالمية

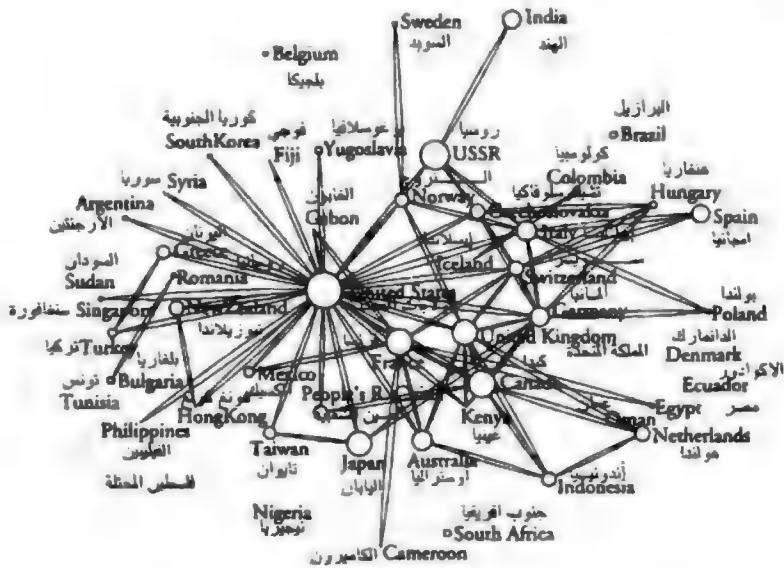
يستخدم المحللون الاتصالات مؤشراً على هيكلية العمل، تماماً مثلما يستخدم علماء الزلازل الضحيج مؤشراً على حركات الصفائح التي تغير بنية الأرض. وتعدّ المؤلفات العلمية المؤشر الأساسي بينها، حيث ينشر العلماء نتائج أبحاثهم ليبينوا ملكيتهم للنتائج الرئيسة ولمساعدة غيرهم على الاستفادة من عملهم. وهذا العرف قديم بعمر كلية "روبرت بويل" الخفية، فالطموحات والروابط الفكرية التي تولف المعرفة المشتركة كانت خفية، لكنها تركت آثارها على نحو رسائل ودراسات وكتيبات جرى تبادلها بين أعضاء الكلية في عهدها الأول. إن الاتصالات ترك دليلاً على التعاون الاجتماعي والعلمي الفعلي بين الباحثين؛ ويمكن دراستها لفهم العلم، بقدر ما تعتمد السير الذاتية على الرسائل الشخصية لفهم حياة الأشخاص الذين تحدث عنهم.⁴

لنتصور خريطة تحوي نقطة تمثل "فيهلر" كنقطة في الولايات المتحدة ونقطة أخرى تمثل "ساتو" كنقطة في اليابان. يتعاون "فيهلر" و"ساتو" في كل مرة على وضع دراسة ما وهما بذلك يرسمان خطاً تخيلياً بين هاتين النقطتين على الخريطة يشير إلى التعاون. لنكرر العملية من أجل جميع الباحثين العاملين في مجال علم

الزلازل. والآن، مع رؤية الاتصالات فقط، نبعد الخريطة الجغرافية تاركين النقاط والخطوط. فنحصل بالنتيجة على شبكة: تمثل النقاط فيها العقد، أما الخطوط فهي الروابط التي تمثل الاتصالات. توضح هذه الهيكلية فرص نشوء كل من الروابط والقيود التي يواجهها بعض أعضاء الشبكة.

يمكن رسم هذه الشبكة على عدد من المستويات. يبين الرسم البياني الذي تخيلناه للتو روابط بين شخصين، لكن عندما يرتفع العدد إلى آلاف، يصبح من الصعب تبين الشبكة. ولتسهيل الرسم البياني، يمكننا تجميع كل الباحثين العاملين في المجال نفسه والبلد نفسه ضمن عقدة واحدة ثم حصر التركيز بالروابط بين الباحثين العاملين في التخصص ذاته في بلدان مختلفة. تم رسم الشكلين 1-4 و 2-4 عند هذا المستوى استناداً إلى مقالات نشرت في مجال علم الزلازل في عامي 1990 و 2000. وكما في كثير من المجالات الأخرى، ازداد التعاون الدولي في مجال علم الزلازل إلى حد كبير أثناء ذلك العقد من الزمن. يلاحظ أن شبكة عام 2000 أكثر كثافة بكثير من شبكة عام 1990، ويتضح هذا التغير بالزيادة في عدد النقاط والخطوط وبازدياد سماكة الخطوط، والذي يتناسب مع عدد المؤلفات المشتركة التي يمثلها كل خط⁵.

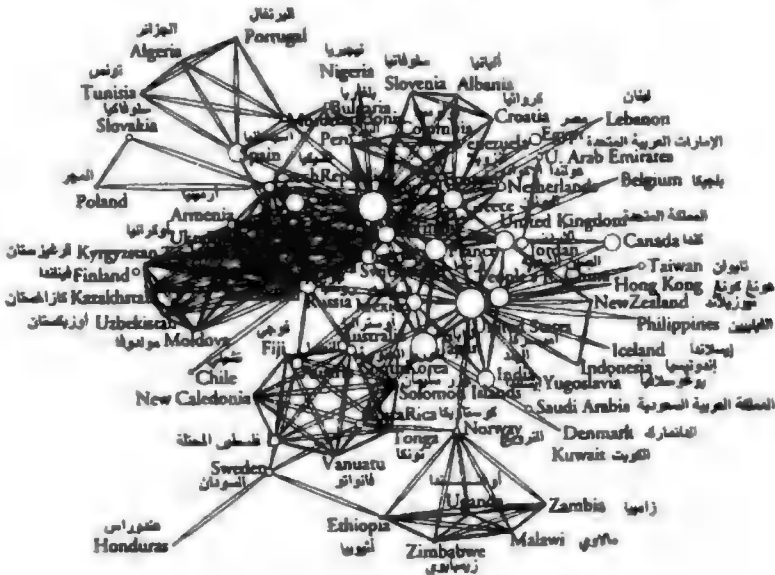
ومن أجل نظرة عامة على العلوم العالمية، يمكننا أن نغضي في عملية التجميع إلى أبعد من ذلك حتى عبر جمع كل العلماء في بلد واحد ضمن عقدة واحدة ثم دراسة أنماط التعاون العابرة للحدود الوطنية من أجل مجال بعينه. تبين هذه العملية أن حصة التأليف العلمي الدولي المشترك، أي المؤلفات التي وضعها مؤلفون مقيمون في بلدان مختلفة كنسبة من جميع المؤلفات، تضاعفت تقريباً بين عامي 1990 و 2000. ففي عام 1990، كانت نسبة المؤلفات التي وضعت بتعاون دولي قربية من 9 بالمئة من جميع المقالات المنشورة في المجلات المعروفة دولياً. وارتفعت هذه النسبة في عام 2000 إلى ما يقارب 16 بالمئة⁶. وزاد عدد الدراسات العالمية على نحو ملحوظ نوعاً ما في العقد نفسه بمعدل أسرع من عدد المقالات المشتركة المعتادة على المستوى الوطني. وبين عامي 1980 و 1998، زادت أعمال التأليف المشترك على المستوى الوطني بنسبة 26 بالمئة، بينما زادت أعمال التأليف المشترك الدولي بنسبة 45 بالمئة⁷. ويستشهد علماء آخرون بهذه المقالات الدولية المشتركة أكثر من



الشكل 4-1. شبكة التعاون في مجال علم الزلازل، 1990

المصدر: حسابات المؤلف.

أوردت أسماء البلاد بشكلها الذي كان قائماً عام 1990. أما العقد المعزولة فتتمثل مؤسسة نشرت مقالة في مجال علم الزلازل عام 1990 وكانت هي للكتب الوحيد للمقالة.



الشكل 4-2. شبكة التعاون في مجال علم الزلازل، 2000

المصدر: حسابات المؤلف.

غيرهم، وهذا يشير إلى أنها قد تكون أعلى جودة⁸. وبالمثل، فقد ارتفعت كثافة شبكة العلوم العالمية إلى ثلاثة أضعافها في العقد الأخير من القرن العشرين، وهي عدد الروابط بين العقد في الشبكة مقسوماً على عدد الروابط المحتملة. ونتيجة لهذا النمو في التعاون الدولي، أصبحت المسافة الوسطية بين أي عالين في الشبكة أقصر من حيث عدد الخطوات اللازمة للوصول إلى أي شخص على صلة بشخص آخر في الشبكة. وبذلك يكون الباحثون المتعاونون على المستوى العالمي على مسافة اثنين إلى أربعة "لقاءات" بين كل منهم، وهم يستفيدون على نحو واسع من الروابط الضعيفة والعوالم الصغيرة⁹. فهذه الصلات تساعد على الجمع بين قدرات تكميلية أو تكاملية من أجل الخروج بأفكار جديدة.

النمو عبر الأكاديمية العالمية الخفية

تناول هنا دراسة أربع حالات للتعاون في تخصصات مختلفة أثناء عشر سنوات وذلك بهدف البحث في الأسباب الكامنة وراء التحول في تنظيم العلوم. تم اختيار هذه الحقول لاختبار الفرضية القائلة إن القوى المنظمة التي ناقشناها في الفصل الثاني (سواء أكانت الموقع المركزي أو الموزع والتنظيم المساعد أو الهابط) تحدد ما إذا كان العلماء أكثر قابلية للتعاون على المستوى الدولي¹⁰. ويمثل كل من المجالات التالية مزيجاً مختلفاً من هذه العوامل:

- **الفيزياء الفلكية:** غالباً ما تعتمد على أجهزة مركزية كبيرة الحجم يمكن أن تكون بمنزلة محفز للتعاون؛ وعادة ما تؤدي إلى مشروعات في العلوم الكبرى.
- **المنطق الرياضي:** لا يتطلب أي معدات أو أجهزة، وبالتالي فإن التعاون ينشأ فقط من اهتمامات الباحثين. وعادة ما يكون التعاون في هذا المجال منسقاً (موزعاً وصاعداً).
- **علوم التربة:** لها تطبيقات في كثير من البلدان، لكن الحصول على أنواع محددة من التربة قد يتطلب السفر والتعاون. وبالنتيجة فإن هذا المجال يتميز بالتعاون الجيوتكنيكي.

- **دراسة الفيروسات:** تمثل موضوعاً بحثياً موزعاً على مستوى العالم مثل علوم التربة، لكن له روابط وثيقة بالصناعة والتجارب السريرية والوقائع المرضية.

وهذا ما يجعل العمل التعاوني هنا منسقاً وموزعاً معاً، مما يضع هذا المجال في الفئة التشاركية.

بدأ التحليل عام 1990 بنظرة إلى المستويات المختلفة للروابط الدولية من أجل كل من هذه المجالات. وهو ما ينعكس في عدد المقالات من أجل كل مجال كما يوضح الجدول 4-1. تبين المجالات الأربعة مجاًلاً واسعاً من مستويات النشاط، سواء على الصعيد المحلي أو الدولي. حيث شهدت الفيزياء الفلكية نشر عدد ضخم من الدراسات العالمية. وكان التعاون الدولي بالمقابل متواضعاً في مجال المنطق الرياضي. وبالرغم من ذلك، زاد العدد الهائل من الدراسات التي نشرت على المستوى العالمي بنسبة لا تقل عن 20 بالمئة خلال التسعينيات في كل من الحالات المذكورة. وبلغت هذه الزيادة أكبر قيمة لها عند 136 بالمئة من أجل المنطق الرياضي الذي بدأ من قيمة منخفضة جداً. بينما كانت الزيادة الأدنى من نصيب دراسة الفيروسات التي ربما كانت في الأصل مجاًلاً من العلوم يتمتع بصلات دولية قبل عام 1990¹¹.

الجدول 4-1. ملخص بيانات مأخوذة من دراسة الحالات

الحالة الصانعة	عدد المقالات المنشورة في مجموعة المجالات	النسبة المئوية للزيادة	عدد المقالات المشتركة دولياً في مجموعة المجالات	النسبة المئوية للزيادة	نسبة المقالات في المجموعة التي تم تأليفها بتعاون دولي		عام 2000 (سنة)		المجلات في المجموعة،
					1990	2000	1990	2000	
					1990	2000	1990	2000	
الفيزياء الفلكية	14	4,472	6,547	46	1,301	3,097	138.0	29.0	47.3
المنطق الرياضي	6	131	309	136	27	117	333.3	21.0	37.9
علوم التربة	10	968	1,382	43	107	453	323.4	11.0	32.8
دراسة الفيروسات	9	2,311	2,878	25	327	676	106.7	14.0	23.5

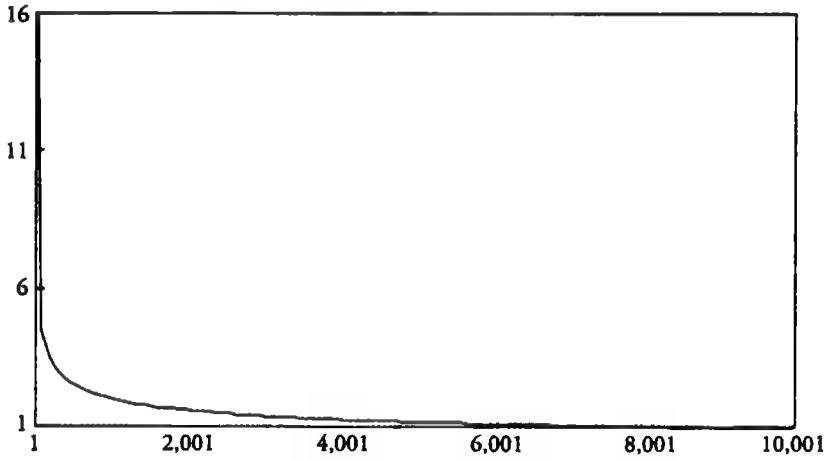
المصدر: حسابات المؤلف.

ومما يثير الدهشة أن التشارك في التعاون الدولي ينمو بمعدل أعلى بكثير في كل من المجالات عندما يبدأ من الأساس¹². وهذا يشير إلى أن العلماء في جميع المجالات كانوا مهتمين بإنشاء روابط تتجاوز الحدود الوطنية، بصرف النظر عن القوى المنظمة في العمل. زادت الروابط الدولية في المجالات الأربعة كلها، سواء كان التخصص يتطلب معدات متخصصة أم لا، وسواء كان الباحثون بحاجة إلى السفر للوصول إلى الموارد، أم كانوا يبحثون عن أفكار جديدة فقط. وتعتبر آخر، وهو المهم في هذا السياق، نقول إن الأسباب المادية للتعاون لم تكن هي العامل الحاسم في نمو العلوم العالمية.

يتميز كل من هذه المجالات بخصائص مميزة يمكن أن تؤثر في قرار العلماء بالتعاون. ورغم ذلك فإن جميع المجالات تبدي نماذج متشابهة من النمو في أعمال التأليف المشترك دولياً. وتختلف العوامل من مجال إلى آخر، مثل الحاجة إلى تشارك الأجهزة أو الوصول إلى الموارد. لقد درس "وولفغانغ ويلك" التربة، لذلك اضطر إلى السفر مسافة طويلة من أجل إيجاد ظروف معينة من شأنها أن تدعم بحثه. وأراد "هارو ساتو" دراسة نتائج الهزة الأرضية، فكان عليه أن يشارك بياناته عبر العالم وأن يزور مواقع محددة. وكان "ليجي بيرو" مهتماً بجمع بيانات عن النجوم من عدة أماكن في العالم، لذلك لم تكن فكرة السفر واردة بالرغم من أن التعاون كان حاسماً. وقد أثرت كل من هذه الظروف الخاصة في كل قرار بشأن مكان إجراء البحث وكيفية إجرائه في مجالات محددة. لكن بسبب نمو التعاون في جميع المجالات، فليس من الممكن أن نحدد أيًا من هذه العوامل هو الدافع الأساسي وراء التعاون العالمي. ومهما يكن العامل الذي أدى إلى ظهور الأكاديمية العالمية الخفية على المستوى العالمي، فالظاهر أن تأثيره امتد على نطاق واسع جداً.

لكن النقطة الأكثر إثارة للانتباه، هي أنه إذا وضعنا الرسم البياني لتوزيع التأليف الدولي المشترك ضمن كل مجال، بحيث يكون عدد المؤلفات المشتركة على المحور الأفقي وعدد الباحثين المشاركين في ذلك المستوى من التعاون على المحور الشاقولي، ينتج لدينا توزيع يتبع قانون القوة (انظر الشكل 4-3). ويؤدي التعاون ضمن كل من هذه المجالات بنية شبكة ذات مقياس حر¹³. فهناك قلة من الباحثين النشطين جداً في التعاون الدولي، لكن معظم حالات التعاون لا تحدث إلا في مناسبات

عدد الدراسات المنشورة لكل مؤلف



عدد المؤلفين ممن نشرُوا أعمالهم في مجلات تتناول دراسة الفيروسات

الشكل 4-3. نواتر المؤلفات في دراسة الفيروسات، 2000

المصدر: معهد الإعلام العلمي وحسابات المؤلف

قليلة. وهكذا يكون الباحثون المتعاونون الأكثر نشاطاً هم المحاور، فتزداد أهميتهم مع الزمن استجابة لدينامية الارتباط التفضيلي. وبالمختصر، فإن البنية الأساسية للمحالات الأربعة جميعاً ذات نظام تكيفي معقد ذاتي التنظيم، وهي البنية ذاتها التي يمكن أن نصادفها في النظام البيئي للغابة وفي الاقتصاد القائم على السوق وفي العقل البشري وفي كثير من النظم المعقدة الأخرى.

التنظيم الذاتي في العلوم العالمية

لطالما كانت العلوم الحديثة تتسم بخاصية التنظيم الذاتي، كما يوضح الفصل الثالث. لقد نظمت جمعية لندن الملكية نفسها عبر الروابط الضعيفة والعوالم الصغيرة والمصالح المشتركة بين مجموعة متنوعة من الأشخاص. كما تواصل أعضاء الجمعية الملكية في وقت مبكر من أجل تبادل الأفكار وصياغة الأساليب والتحقق من النتائج. وأثناء القرون الثلاثة التالية، زادت أهمية التواصل والتعاون في العلوم¹⁴. لكن الحدود السياسية والجغرافية والثقافية في القرن العشرين قيدت قدرة العلماء على تنظيم أنفسهم في شبكات عالمية، وهو ما جعل إنتاج المعرفة أقل كفاءة مما لو كان الوضع بخلاف

ذلك. فأتناء الحرب الباردة، على سبيل المثال، وضع كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي نظاماً في العلوم والتكنولوجيا متكررة في الواقع عندما كان كل منهما يحاول هزيمة الآخر عبر تحقيق التقدم وتنفيذ التطبيقات في العلوم والتكنولوجيا.

أما على المستوى العملي، فإن العلماء يدركون بالطبع أن عملهم في خدمة المكانة الوطنية ساعد على تأمين التمويل لصالح العلوم. لكن المكانة الوطنية ليست هي العامل الذي يحفز العلماء في عملهم على مقاعدهم وحواسيبهم في المختبرات. نرى العلماء ضمن نطاق مقاعدهم يسعون إلى حل المشكلات؛ ويسعون ضمن الشبكات الاجتماعية إلى طلب الاعتراف بعملهم وأفكارهم. وهذه هي القوى التي تدفع نمو الأكاديمية العالمية الخفية. لذلك لا بد من دراسة دوافع كل من العلماء لإلقاء نظرة ثاقبة على القوى المحركة للعلوم في القرن الحادي والعشرين.

لاحظ علماء مثل "روبرت ميرتون" و"ريتشارد وايتلي" أن الحافز الرئيس للعلماء هو الرغبة في الحصول على التقدير ونيل المكافآت¹⁵. فقد أحرز العلماء تقدماً في مهنتهم باكتساب الاحترام والاهتمام من أقرانهم. وبالسمة الحسنة التي اكتسبوها بنشر نتائج أبحاثهم، استطاع العلماء أن يستقطبوا التمويل والطلاب وأن يحققوا مزيداً من الحرية لمتابعة عملهم. فالاستقلالية في متابعة العالم بحثه هي في نهاية المطاف "كأس العلم المقدسة" عنده.

ومع نهاية القرن العشرين وانتهاء الحرب الباردة وبداية عصر المعلومات، أتاح وفترة القدرات العلمية للعلماء فرصاً غير مسبقة لإنشاء الروابط بينهم. وكان من شأن الرغبة في تعزيز سمعتهم ونيل الجوائز المرتبطة بالسمة الحسنة دفع العلماء على نحو متزايد للعمل خارج جدران مختبراتهم وخارج مجالهم الجغرافية والتخصصية. فانتشر علماء أوروبا الشرقية في النظام العالمي، وخاصة عندما سقط الاتحاد السوفيتي، وأقاموا روابط جديدة مع زملاء آخرين ضمن مشروعات تعاون في جميع أنحاء العالم. ومع زوال القيود السياسية، تفوق الدافع وراء السمة الجيدة على الولاء الوطني، ونمت العلوم العالمية بمعدل مذهل (انظر الجدول 4-2). وكما يبين الجدول، فقد زاد عدد البلدان الممثلة في شبكة للعلوم العالمية من 172 عام 1990 إلى 194 عام 2005، وتضاعف عدد الروابط إلى أكثر من أربعة أضعاف. لكن تحليلنا يستبعد، بالرغم من ذلك، الإنترنت والقوى السياسية والتنظيم الأساسي

الجدول 4-2. نمو الأكاديمية العالمية الخفية

قياس الشبكة	1999	2000	2005
عدد العقد (البلدان)	172	192	194
عدد الروابط	1,926	3,537	9,400
حجم المكون الأساسي	37	54	66
كثافة الشبكة ^أ	0.131	0.1929	0.2511
الدرجة المتوسطة ^ب	22.4	36.9	48.7
المسافة المتوسطة ^ت	1.95	1.85	1.76
القطر ^ث	3	3	3
معامل التجميع ^ج	0.78	0.79	0.79

المصدر: حسابات المؤلف المستندة إلى بيانات من معهد المعلومات العلمية.

أ. نحسب "الكثافة" بتقسيم العدد الكلي للروابط ضمن الشبكة على عدد الروابط المحتملة.

ب. "الدرجة" هي عدد الروابط التي تربط العقدة بعقد أخرى.

ت. "المسافة" هي عدد الروابط في أقصر مسار بين عقدتين.

ث. "القطر" هو العدد الأقصى من الروابط المطلوب للانتقال من عقدة إلى أي عقدة أخرى في الشبكة.

ج. "معامل التجميع" لعقدة ما هي عدد الروابط بين العقد المجاورة لها مقسوم على عدد الروابط التي يتحمل أن توجد بينها.

للعلوم كقوى دافعة وراء هذا النمو. ويبقى التفسير الوحيد هو أن هذه التغيرات نتجت عن القوة ذاتها التي تركز عليها النظم التكيفية المعقدة الأخرى، وهي تطبيق بضع قواعد جديدة.

قواعد سهلة في شبكة معقدة

لتذكر من المناقشة الواردة في الفصل الثاني أن القواعد السهلة تقع في صلب الكثير من النظم بالغة التعقيد، ويمكن استناداً إلى ظروفها ومصادرها الأولية أن تولد مجموعة ضخمة من النتائج¹⁶. والآن بما أننا نعلم أن الشبكة العالمية تنظم ذاتها بنفسها وبعد أن وجدنا أنها نظام تكيفي معقد، يصبح السؤال: كيف يمكن تحديد القواعد السهلة التي تؤدي إلى النظام التكيفي المعقد في الاتصالات العلمية على المستوى العالمي؟ وقد يقودنا ذلك شوطاً بعيداً للمساعدة في إنشاء نظام حكم فاعل لإدارة الشبكة العالمية.

إن الطريق عبر المتاهة هو البحث عن قواعد "إذا كان... فإن" التي تؤدي إلى تنظيم ذي نظام تكيفي معقد. واتباع القاعدة القائلة "إذا كان الموقف يظهر سمة (أو سمات) X، فيجب اتخاذ الإجراء (أو الإجراءات) Y"، يستطيع أي شخص فاعل ضمن بيئة ما أن يتكيف معها وأن يسهم في تعزيز نظامها. إذ إن العناصر الأساسية لإيجاد نظام من الفوضى تقع في هذه الصيغة السهلة، إلى جانب التغذية الراجعة والتكيف. ولا ينبغي تخطيط هذه العملية مسبقاً؛ لأنها غالباً ما تنظم نفسها في الواقع ذاتياً.

يقدم "جون هولاند" مثلاً على هذه القواعد البسيطة في كتابه *النظام المخفي (Hidden Order)*: ويوضح قائلاً: "إننا نرى الأشجار مراراً وتكراراً، بالرغم من أننا لا نرى الشجرة ذاتها بالطريقة ذاتها أبداً. فاختلاف الضوء والزوايا يعطينا انطباعاً جديداً على شبكية العين في كل مرة نرى فيها الشجرة. ومع ذلك، فإن إسقاط التفاصيل يجعلنا نرى الأشجار في جميع أنواع السياقات وبتنوع مذهش"¹⁷. وتعتبر آخر، لسنا مضطرين إلى محاولة تحديد كل من التفاصيل الخاصة بأنواع غير مألوفة من أجل البت بأنها شجرة. بل من الطبيعي أن نستخدم مختصرات مثل: "إذا كان للجسم جذع وفروع وأوراق، فهذا يعني أنه شجرة".

كذلك فإن القواعد الأساسية الموجهة للتعاون العلمي سهلة. فالأشخاص الذين يبحثون عن فرص بحثية جديدة يدركون القاعدة التي تقول: "إذا كانت هذه الرابطة تمكنني من الحصول على البيانات أو التمويل أو الأفكار التي سوف تساعدني على تحقيق تقدم في بحثي، إذاً علي أن أسعى لإقامة هذه الرابطة". أما أولئك الذين اعتمدوا أسلوب توفير الموارد فيتبعون صيغة مشابهة: "إذا كان هذا التعاون سوف يساعدني على تحقيق التقدم في بحثي أو على نشره، إذاً علي أن أشارك فيه". إن هذه القواعد صحيحة في جميع مجالات العلوم مهما يكن تنظيمها أو أساس مواردها. وهي توضح تكوّن الروابط التي تولد الأكاديمية العالمية الخفية، فضلاً عن ظاهرة الارتباط التفضيلي. ومع تألق سمعة العالم والازدياد السريع في فرص حصوله على موارد حيوية مثل البيانات والأجهزة والتمويل، يزداد احتمال أن يكون الباحثون الآخرون راغبين في إنشاء رابطة معه. وكلما أصبح معروفاً أكثر، زادت صعوبة إرضائه عندما يتعلق الأمر باختيار من يتعاون معه. فالبحث

يجري على نطاق واسع وراء العلماء المشهورين من أجل التعاون معهم في إجراء الأبحاث. وهكذا فإن العلماء المشهورين لا يتميزون بوجود عدد من شركاء الأبحاث أكبر مما لدى الباحثين الأقل شهرة فحسب، بل أيضاً بوجود أشخاص أفضل يتعاونون معهم.

يعمل الارتباط التفضيلي عبر المجالات وضمها أيضاً. ويبدو أن السمعة الحسنة تتمتع في الواقع بتأثير أقوى حتى على إنشاء الروابط عبر التخصصات. ولأن محدودية تدفق المعلومات تزداد عبر المجالات، تصبح السمعة الحسنة أحد المؤشرات القليلة التي يمكن أن يعتمد عليها الباحث في تحديد شريك جدير بالثقة.

إن هذه العملية الديناميكية المتمثلة في السعي وراء الحصول على الموارد وبناء سمعة حسنة تُحدث فرزاً دائماً للناس، حيث تنشأ الروابط وتنقطع مع الزمن، ونادراً ما تبقى مستمرة. وبسبب الالتزامات الاجتماعية التي تنشأ في المجموعات، فمن الأرجح أن تستمر مشروعات التعاون عندما يعمل الباحثون جنباً إلى جنب. وبالرغم من ذلك، من الصعب إيقاف مشروع تعاون عند نشوء التزام اجتماعي. وهذا يشير إلى سبب محتمل واحد وراء ازدياد جاذبية العلاقات المتباعدة جغرافياً، تلك التي تصبح نشطة على المستوى الدولي، ونموها بهذه السرعة. فإذا عملت جنباً إلى جنب مع أحد الأشخاص، فسوف تعلم ما يعرفه وسوف تتكون لديكما وجهة نظر مشتركة. أما إذا كنت تبحث عن أفكار جديدة، فعليك أن تخرج من دائرتك المعتادة. كذلك من السهل نسبياً، على المستوى الدولي، أن تنهي علاقة تبين أنها غير مجدية. وتعتبر آخر، فإن السبب الدقيق وراء نمو التعاون الدولي هو أنه أكثر صعوبة، وأنه يشمل بالرغم من ذلك عدداً أقل من الالتزامات الاجتماعية.

الفوز بفرصة دخول النظام

إن الأكاديمية العالمية الخفية تنظم نفسها ذاتياً اعتماداً على قواعد سهلة نسبياً يجري وضعها واتباعها على مستوى الفرد. لكن هذا لا يعني أن الشبكة الناتجة بسيطة، ولا يعني أنها تقدم فرصاً متكافئة. فمن الواضح أن الارتباط التفضيلي يعمل لصالح أولئك المتربعين على قمة النظام، سواء نظرنا إليهم كعلماء أفراد أو كبلدان بأكملها. لكنها تضع عراقيل في طريق الوافدين الجدد الذين ليس لديهم إلا القليل

ليقدموه فيما يتصل بالموارد أو السمعة الحسنة. لذلك يمكن أن تكون شبكة العلوم العالمية مفتوحة، لكنها ليست متاحة أمام الجميع بصورة متكافئة. وهكذا فالأشخاص الذين لديهم صلات أقل قوة أو الأشخاص الأقل شهرة يمكن أن يلاقوا صعوبة عند المشاركة الكاملة في النظام. إن المنحني شديد الانحدار في توزيع قانون القوة الذي يميز الشبكات ذات المقياس الحر هو كناية عن صعوبة جذب انتباه الأشخاص الذين لديهم إمكانيات أكبر يقدمونها ضمن الشبكة. وللتمكن من دخول النظام، على سبيل المثال، ينبغي على البلدان النامية أن تستفيد من القوى التي تدفع الشبكات وأن تتعلم كيفية جذب مساعدة العلماء حول العالم.

هجرة الأدمغة أم اكتساب العقول؟

في وقت مبكر من صباح الثالث من آب/أغسطس عام 1997، تلقى "س. ك. سينغ"، وهو عالم زلازل في معهد الجيوفيزياء في مكيسكو سيتي، مكالمة هاتفية من ممثل للبنك الدولي. وكانت هزة أرضية مدمرة قد ضربت منطقة جبلبور في الهند قبل شهر، فسأل ممثل البنك الدولي "سينغ" عما إذا كان يرغب في الانضمام إلى لجنة استشارية لمساعدة الهند على بناء قدراتها في مجال البحوث الزلزالية، فوافق بسرعة. يقول "سينغ": "اغتربت عن الهند منذ كان عمري عشرين عاماً ولم أكن أعرف المنطقة جيداً، ولم أكن واثقاً ما إذا كانت لدي مؤهلات أكثر من غيري، لكنها كانت فرصة جيدة لإجراء بعض الأبحاث العلمية المهمة"¹⁸.

زار "سينغ" جبلبور، بمنحة من البنك الدولي وتمويل من حكومة الهند، للقاء علماء الزلازل المحليين وإجراء مسح للأرض. كما انضم إلى مشروعات بحثية تعاونية، فدعا اثنين من العلماء الذين التقى بهم في جبلبور للعمل معه في المكسيك مدة شهرين. كانت العلاقة في هذه الحالة من جانب واحد إلى حد بعيد، ويوضح "سينغ" قائلاً: "عادة ما يكون التعاون بحيث يأتي كل شخص بشيء ما، لكن هؤلاء الأشخاص لم يعرفوا حقيقة هذه التقنية، بالرغم من أنهم كانوا علماء متمرسين. لذلك قمنا بتدريبهم كطلاب في مختبري على استخدام أحدث المعدات الزلزالية"¹⁹.

سمعت قصصاً مشابهة لما رواه "سينغ" من كثير من العلماء الذين عملوا مع زملاء لهم في بلدان نامية. وفي كثير من الحالات، كان لدى العلماء من البلدان

المتقدمة علمياً سبب شخصي ومهني للعمل مع زملاء من البلدان النامية. وبمثل هؤلاء الباحثون جزءاً من الشتات العلمي الذي يلعب دوراً يزداد أهمية في الأكاديمية العالمية الخفية. وإذا عدنا عبر التاريخ، نجد أن انتقال الباحثين من البلدان النامية إلى المتقدمة أثار قلقاً بشأن "هجرة العقول". ويصف هذا المصطلح خسارة البلدان قليلة الموارد للجزء الأهم من مواردها البشرية التي تتمتع بمهارات وقدرات عقلية فذة إلى البلدان الأكثر تطوراً. فإذا تلقى العلماء والمهندسون من العالم النامي تعليماً في بلدان أكثر تقدماً، فهم يسهمون في التفوق العلمي والتطور الاقتصادي للبلدان التي يمارسون فيها مهنتهم، وليس للبلدان التي ولدوا فيها. ويعتبر كثير من المحللين أن هجرة الأدمغة هي السبب في أن قدرات كثير من الدول محدودة في مجال تطبيق الحلول العلمية والتقنية على المشكلات المحلية²⁰.

ربما كان الخوف من هجرة الأدمغة منطقياً في عالم تتوقع فيه الحكومات الوطنية أن تستولي على المكاسب المالية المتولدة عن القدرات العلمية الواقعة ضمن حدودها. لكن هذا التحليل للكلية الخفية الجديدة يشير إلى ضرورة إعادة تقييم التكاليف والمنافع المترتبة على الحركة العالمية للعلماء بعيون جديدة. فمن الواضح أن أي بلد يسعى إلى الاستفادة من منافع العلوم الحديثة بحاجة إلى مساعدة من علماء ومهندسين وفنيين مهرة. ويجب أن يتحدث هؤلاء لغة العلم وأن يفهموا معاييرها، إضافة إلى امتلاك المهارات والمعرفة المرتبطة بكل تخصص. لكن معرفة المكان الذي يجب أن يشغله هؤلاء الأشخاص على نحو يعود بالفائدة على بلد ما أو منطقة ما تصبح أقل وضوحاً في العالم التشبيكي. هل ينبغي أن يكون لدى البلد علماء حتى يكون جزءاً من الأكاديمية العالمية الخفية؟ وهل يتعين على هؤلاء العلماء أن يعملوا في مختبرات ضمن حدوده؟ هل يجب أن يعملوا في المكان نفسه؟ كيف ينضم الناس إلى فريق أو شبكة موزعة؟ وكيف يمكن للبلدان أن تستفيد من المعرفة التي يولدها هؤلاء العلماء وأن تصل إلى استيعابها وتطبيقها؟

الوكلاء الأحرار (Free Agents)

ينبغي أن تبدأ أي مناقشة لدور الأفراد في الأكاديمية العالمية الخفية بملاحظة أن كل عالم أو مهندس، وكل طالب أو خريج، هو المكافئ العلمي لمصطلح "الوكيل

الحر" في الرياضة. فالعلماء والمهندسون يتمتعون بحرية في متابعة اهتماماتهم ومهنتهم في أي مكان تقودهم إليه. ولا يمكن الاتكال على أنهم يقدرون ولاهم لبلداتهم أكثر من ولائهم للعلم ول مستقبلهم المهني. وبعضهم يفعل ذلك بالطبع، بل إن البعض يغيرون طريقهم لمساعدة بلداتهم الأصلية. لكن لا يمكن لواضعي السياسات أن يفترضوا وجود هذا الولاء. فسوف يسعى معظم العلماء إلى تعزيز سمعتهم أو الوصول إلى الموارد، مهما تكن مصلحة بلداتهم الأصلية، بل وربما على حسابها. يمكن للبلد أن يدرب علماءه أو مهندسيه، لكن لا يستطيع إرغامهم على البقاء إلا بصعوبة بالغة. وإذا كانوا جيدين في مجال اختصاصهم، فيمكن أن يحظوا عاجلاً أو آجلاً بفرصة أفضل تغريهم بترك بلداتهم.

لننظر في حالة "إلينا روزكوف". فقد نشأت "روزكوف" في روسيا في الثمانينيات وكانت لديها أحلامها مثل كثير من غيرها من الشابات، وكان أهمها العثور على زوج وتكوين عائلة. وكان الفارق بالنسبة لروزكوف الشابة أنها برزت أثناء مواصلة تعليمها كواحدة من ألمع العلماء الشباب في جيلها. وأدت الجودة العالية في عملها الذي قدمته لنيل درجة الدكتوراه في الكيمياء الحيوية إلى عرض بالحصول على زمالة ما بعد الدكتوراه في جامعة طوكيو في اليابان، وهي واحدة من أهم مراكز الأبحاث العالمية في مجال العلوم متناهية الصغر. وحظي عملها في اليابان باعتراف دولي واهتمام من قسم الكيمياء في جامعة برينستون الذي عرض عليها فرصة قضاء بعض الوقت كباحثة خاصة لديه. ومن هناك، جذبتها جامعة شيكاغو إلى مركزها البحثي عندما عرضت عليها فرصة استخدام أحدث المعدات والأجهزة والتعاون مع كلية الطب، وكانت فرصة رائعة لا يمكن تضييعها. ثم التقت في جامعة شيكاغو بعالم أمريكي أصبح زوجها في ما بعد، وحقاً معاً حلمها القديم في تكوين أسرة، إلا أن هذه العائلة كانت في الولايات المتحدة حيث تقيم اليوم، لكنها بقيت عالمة شابة متفوقة، ولا تزال إلى حد بعيد وكيلاً حراً ضمن الأكاديمية العالمية الخفية²¹.

استطاع "أناند بيلي"، وهو عالم رياضيات تدرّب في المملكة المتحدة، أن يدرك المنطق الكامن وراء هذه الحركة: "في الرياضيات، الناس والأفكار هم الذين يتحركون وليس المال! وهكذا تحركت!". وبعد نيّله درجة الدكتوراه، لم يستطع

"بيلي" أن يجد وظيفته المثالية في إنكلترا. وقاده بحثه عن الوظيفة المناسبة إلى جامعة مك غيل في كندا. وها هو يوضح قائلاً: "لو كنت قررت البقاء في إنكلترا أصلاً، فلربما كان ذلك يعني أن أعمل شيئاً آخر، شيئاً مختلفاً عما تدربت على القيام به. وفي عام 1986، عندما سنحت لي فرصة العودة إلى إنكلترا، لم أجد سبباً كافياً للعودة إلى هناك"²². لقد استقر "بيلي" في النهاية في إحدى جامعات الولايات المتحدة. وأتيحت له إضافة لذلك فرص كثيرة للسفر والعمل خارج البلاد، وكان من بينها العمل كأستاذ زائر في اليابان وروسيا وبولندا وفرنسا.

ومن بين الأشخاص الذين شاركوا "بيلي" في مؤلفاته "شارون شيلح" الذي لا يقل عنه تمسكاً بمذهبه "التحولي"، وهو عالم رياضيات إسرائيلي في الجامعة العبرية في القدس وجامعة روتجرز في الولايات المتحدة. ويمثل "شيلح" واحداً من أنشط الباحثين في مجاله، فقد نشر نحو 900 مقالة مع نحو 200 من المؤلفين. ويتميز أيضاً بأنه واحد من المفضلين لدى "إردوس"، اعتماداً على أنه شارك في تأليف ثلاث دراسات مع "بول إردوس" وهو واحد من أغزر علماء الرياضيات في أي زمان²³. فقد كتب "إردوس"، الهنغاري المولد الذي قضى معظم حياته المهنية متنقلاً بين المؤسسات البحثية، نحو 1500 مقالة بالتعاون مع 511 مؤلفاً²⁴.

يمكن اعتبار "إردوس" و"شيلح" مثالين إضافيين على هجرة الأدمغة، فقد أمضيا معظم حياتهما المهنية خارج بلديهما الأصليين. لكن قصتهما تشير أيضاً إلى فوائد هذا "الحراك". فمن خلال اللقاء بالباحثين الآخرين وإثارة اهتمامهم، ينضم الأشخاص إلى شبكة العلوم العالمية ويعززون مكانتهم فيها. لكن البقاء في البلد الأم، من جهة أخرى، قد يعني الانعزال عن الأفكار الجديدة وإضاعة فرص الشراكة مع الآخرين. كذلك فإن معظم مشروعات التعاون تبدأ بلقاءات شخصية وجهاً لوجه، حتى في أيامنا²⁵. يمكن أن تبدأ الاتصالات أو تستمر عبر الإنترنت، لكن هذه الأشكال من التواصل نادراً ما تؤدي وحدها إلى عمل تعاوني مهم. إذ تشترط القواعد غير المكتوبة للمشاركة الجماعية أن يتواجد الأشخاص معاً بأجسادهم في العمل، لبعض الوقت على الأقل. وبعد إنشاء هذا الاتصال، يمكنهم أن يستخدموا روابط افتراضية لمتابعة بحثهم التعاوني. عادة ما يكون لكل عضو في الفريق تمويله الذاتي في هذه العلاقات التعاونية. وبتعبير آخر، فإن التمويل يأتي للباحث وليس للمشروع. وكما يشير "أناند بيلي":

الناس والأفكار يتحركون بسهولة أكبر من تحرك المال. ولأن الحكومات تقدم المال لصالح العلم يكون نقل المال صعباً من الناحية اللوجستية، على سبيل المثال، من البلد A إلى عالم في البلد B. أما حركة الأشخاص والأفكار حول العالم فتم بسهولة بفضل سهولة التنقل جواً والسهولة الأكبر في التواصل عبر الإنترنت.

ولست هذه الحركة والتفاعلات بمنزلة دافع لنمو الشبكة فحسب، بل هي أيضاً تعزز نمو المهن الفردية. وهذا صحيح على وجه الخصوص من أجل خريجي الجامعات الذين يقومون بدور المكافئ المعرفي "للحمض النووي الساعي" "RNA"، كما يقول أحد العلماء²⁶. وقد أخبرني كثير من الباحثين الذين أجريت مقابلات معهم أن إحدى الطرق التي تبقيهم على رأس أبحاثهم هي إرسال طلابهم الجامعيين إلى مواقع الأبحاث حول العالم، حيث يجمع الطلاب البيانات ويسهرون الليالي في مراقبة التجارب مع زملائهم. إنهم ينشئون روابط قيمة ويحملون معلومات مهمة من مؤسسة إلى أخرى. وبعد أن يصبحوا معروفين في مهنهم، يمكنهم أن يساعدوا في زرع بذور القدرات العلمية في بلدانهم الأم.

العودة إلى الوطن

يزداد توجه طلاب البلدان النامية نحو اختيار العودة إلى بلدانهم بعد إكمال دراساتهم. فقد أظهرت "مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية" (NSF) أن 47 بالمئة من طلاب دراسات ما بعد الدكتوراه الصينيين في الولايات المتحدة ذكروا في عام 1980 أنهم وضعوا خططاً محكمة للبقاء في الولايات المتحدة. وفي عام 1993، زاد إجمالي عدد طلاب ما بعد الدكتوراه الصينيين في الولايات المتحدة، لكن نسبة من يخطط منهم للبقاء في البلاد انخفضت إلى 45 بالمئة²⁷. وبالمثل، فقد هبطت نسبة الطلاب الهنود الذين يخططون للبقاء في الولايات المتحدة من 59 بالمئة عام 1980 إلى 50 بالمئة عام 1993. وكان التغير في أرقام كوريا الجنوبية أكثر وضوحاً: ففي عام 1993، كانت نسبة الطلاب الذين يدرسون في الولايات المتحدة والذين يخططون للبقاء فيها بعد نيل درجاتهم الجامعية 18 بالمئة فقط، مقارنة بنسبة 41 بالمئة من الطلاب الذين خططوا للبقاء في البلاد عام 1980. لقد استطاع التطور الاقتصادي في جميع هذه الحالات أن يوجِد فرصاً جديدة في البلاد الأم للباحثين الموهوبين المتدربين في الخارج.

إضافة لذلك، وكما يبين مثال "سينغ"، فإن كثيراً من العلماء المغتربين يجدون طرقاً للمساهمة في التطور العلمي في بلدانهم الأصلية. وقد أجرت مؤسسة "راند" دراسة شملت مئة من العلماء المقيمين في الولايات المتحدة، فوجدت أن ثلث العلماء الذين كانوا يتعاونون على المستوى الدولي كانوا يتعاونون مع أشخاص في بلدانهم الأم²⁸. كذلك فقد كان العلماء والمهندسون المولدون في بلدان أجنبية أكثر ميلاً لقبول أشخاص موهوبين من بلدانهم الأم وتدريبهم، وهذا ما عزز دورة إيجاد المعرفة وبناء القدرات. تستغرق هذه الدورة طويلة الأجل سنوات حتى توثي ثمارها، لكن من الواضح أنها تعمل لصالح كثير من البلدان التي قامت باستثمارات في قدراتها الأساسية، مثل فيتنام والصين والمكسيك وكوريا الجنوبية.

ويقوم الباحثون المولدون في بلدان أجنبية بدور جسور بشرية مهمة ومحفزات وروابط مالية بين العالم المتقدم والعالم النامي. وهم عبر إجراء بحث تعاوني مع نظراء في بلدانهم الأصلية أو عبر العمل كمستشارين في مجالات علمية لمؤسسات خاصة أو عامة، يساعدون على تعزيز القدرات العلمية في البلدان النامية، وغالباً ما يكون ذلك مترافقاً مع تمويل من البلدان المتقدمة صناعياً، وهي ظاهرة يمكن أن نطلق عليها بصدق "اكتساب العقول".

وتقدم "أنالي ساكسينيان" حجة مماثلة في عملها حول وادي السيليكون. وهي ترى، في مقابل المخاوف من هجرة الأدمغة، أن كثيراً من الباحثين في وادي السيليكون المولودين في بلدان أجنبية يعودون في النهاية أو ينشئون شركات مع شركات أو مؤسسات أخرى في بلدانهم الأم، فيعود هؤلاء العلماء المسافرون بمعرفة عملية وخبرات واتصالات قيمة إلى البلدان النامية التي ولدوا فيها²⁹. وهم يسهمون في هذه العملية بإحداث مجتمعات تقنية عبر البلدان تسهل انتشار المعرفة حول العالم.

ومن ثم، فإن السؤال الذي يواجه دولة نامية مثل فيتنام أو الهند في مجال العلوم والتكنولوجيا ليس حول كيفية الاحتفاظ بالأكفاء في أوطانهم، ولا حتى بكيفية إعادتهم إليها، بل إن التحدي الحقيقي يتمثل في كيفية إدخال باحثي البلد في الأكاديمية العالمية الخفية ومن ثم جذب باحثين آخرين للعمل على المشكلات المحلية. وقد بدأ كثير من الحكومات مواجهة هذا التحدي عبر إرسال الطلاب خارج البلاد للحصول على تدريب متقدم. فزاد عدد درجات الدكتوراه في العلوم والهندسة الممنوحة في الولايات

المتحدة لغير مواطني الولايات المتحدة من 5100 في عام 1985 إلى 9600 في عام 2001، وفقاً لمؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية³⁰. وخلال الفترة نفسها، حصل الطلاب الأجانب في الولايات المتحدة على نحو 148000 درجة دكتوراه في مجالات علمية، وارتفعت حصة هذه الدرجات الممنوحة لمواطني الدول الأجنبية من 26 بالمئة في عام 1985 إلى 35 بالمئة في عام 2001.

وعموماً، فإن منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (UNESCO) تقدر أن الولايات المتحدة استضافت 583000 طالب أجنبي في عامي 2001 و2002، مما يجعلها البلد الأول في استقبال طلاب من بلدان أخرى³¹، فهناك نحو 30 بالمئة من جميع الطلاب الأجانب يدرسون في الولايات المتحدة، ونصفهم تقريباً يدرسون في أوروبا. وتستقبل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وألمانيا مجتمعة نصف الطلاب الأجانب في العالم. وإذا أضفنا البلدين التاليين في استضافة الطلاب (فرنسا وأستراليا)، فنجد أن هذه البلدان الخمسة تحتضن ثلثي الطلاب الأجانب في العالم. وبالمقابل، يبدو أن قلة من الطلاب يسافرون إلى الأقاليم الأقل تطوراً. ومثل أميركا الجنوبية الوجهة الأقل شيوعاً بالنسبة للطلاب الأجانب (فهي تستضيف 0.4 بالمئة فقط من الطلاب الأجانب في العالم)، تليها أفريقيا (بنسبة 1.2 بالمئة).

ومثل الآسيويون نسبة مرتفعة من الطلاب الدارسين خارج بلدانهم، وخاصة على مستوى متقدم. فنسبة الطلاب الأجانب في الولايات المتحدة القادمين من آسيا تزيد على 60 بالمئة، وهناك أربعة طلاب من آسيا مقابل كل عشرة طلاب يتابعون عملهم على مستوى التعليم العالي في بلد أجنبي (ثلاثة من أصل عشرة هم أوروبيون وواحد بين كل عشرة أفريقي). ومن جهة أخرى، يزداد احتمال بقاء الطلاب من البلدان المتقدمة في أوطانهم. إذ يشكل الأمريكيون الشماليون أقل من اثنين بالمئة من إجمالي عدد الطلاب الأجانب، بينما نرى أن ثمانية من أصل عشرة طلاب أوروبيين يدرسون في بلد أوروبي آخر.

الانضمام إلى الشبكة

هناك 45 بالمئة من الطلاب الأجانب يدرسون في مجال تقني، وفقاً لمعهد التعليم الدولي، وهذا يشير إلى أن كثيراً منهم سوف يتمكنون على المدى البعيد من

المساهمة في تطور القدرات العلمية المحلية³². وينبغي على البلدان النامية والمؤسسات غير الحكومية أن تعزز هذه العملية عبر تشجيع الطلاب الشباب الأذكياء وتمويلهم للدراسة في الخارج. لكن السياسات العلمية لا يمكن أن تتوقف هنا. بل ينبغي على المؤسسات العلمية أيضاً أن تتأكد من الأماكن التي يتوجه إليها الناس ويستقرون فيها، وهي مهمة تتعدى إلى حد كبير بسبب المخاوف المتعلقة بالخصوصية. إضافة إلى ذلك، وللتأكد من أن هذا الانتشار يؤدي إلى اكتساب العقول وليس إلى هجرة الأدمغة، يتعين على الحكومات أن تجعل التعاون مع الباحثين المحليين عملية جذابة بالنسبة لكل من "الوكلاء الأحرار" الذين يسافرون إلى الخارج وللكلية الخفية الجديدة بصورة عامة. وربما شمل ذلك تحديد صعوبات بحثية مهمة، أو إتاحة بيانات أو موارد فريدة من نوعها أو تأمين التمويل للمشروعات المستهدفة أو استضافة المؤتمرات التي تنتج فرصاً لكبار العلماء من أجل التركيز على الفرص والمشكلات المحلية.

تشارك جميع هذه السياسات في هدف مشترك: الانضمام إلى الشبكة. فهي تمثل المصدر الحاسم. إن الطريقة الأفضل لإيصال المعرفة إلى الأشخاص الذين يحتاجونها هي توسيع نطاق الأكاديمية العالمية الخفية ومداها. وبدلاً من محاولة السيطرة على انتشار الباحثين والأفكار، ينبغي على واضعي السياسات التركيز على إيجاد بيئة تشجع الباحثين على تنظيم أنفسهم ذاتياً في سعيهم وراء أجوبة للمشكلات المهمة، لأن من شأن ترك الباحثين ليحددوا الأماكن التي تمكنهم من القيام بعملهم على الوجه الأفضل وتشجيعهم على انتهاز الفرص التعاونية واختيارها أن يزيد كفاءة نظام المعرفة ككل. لكن تبقى مشكلة أخرى وهي إيصال المعرفة في ما بعد إلى الأماكن التي هي بأمرس الحاجة إليها. ويتطلب حل هذه المشكلة فهماً أفضل لجغرافية المعرفة، وهو موضوع الفصل التالي.

الجغرافية الافتراضية للمعرفة

إننا ندخل أرضاً جديدة. ولعلنا نبالغ في جرأتنا إذا افترضنا أننا يمكن أن نفهم قارة جديدة عندما نهبط على شواطئها الأقرب أول مرة. إننا نبحث عن إطار فكري جديد لما لم يوجد بعد. ليس لدينا في أي مجال من العلوم أسلوب كاف لدراسة توقعنا في مرحلة ما بين الانتقال إلى التنظيم الذاتي والاختيار والفرصة والتصميم أو للتحدث عن ذلك. ليس لدينا إطار يكفي لوضع القانون في علم تاريخي ولوضع التاريخ في علم قانوني.

ستيوارت كوفمن، الكون بيتي: البحث عن قوانين للتقيد والتنظيم الذاتي
(مطبعة جامعة أوكسفورد، 1995)، ص 185.

يؤكد الفصل السابق على دور "الوكلاء الأحرار"، أولئك الباحثين الأفراد الذين يمكن أن يتحركوا بحرية ضمن الشبكة العالمية في الكلية الخفية. فقد ساهمت الحرية في متابعة الاهتمامات والفرص حول العالم بالشيء الكثير نحو كسر التركيز الوطني للعلوم الذي ساد لفترة طويلة من القرن العشرين. لكن الجغرافيا تحتفظ بدور مهم إذا كانت متغيرة. فالكلية الخفية ليست موجودة في مكان واحد، بل هي تطوق [تشمّل] العالم بحكم تعريفها. ومع ذلك، نرى أن العلم يمارس بكثافة أكبر في بعض المناطق وبدرجة أقل في مناطق أخرى.

ثمة مشروعات تحقق نتيجة أفضل إذا ما نفذت في مناطق معينة. ويمكن أن تقع المشروعات الأخرى في أي مكان من العالم، لكنها قد تتطلب مشاركة الموقع بين كثير من الأفراد والنشاطات، على الأقل إذا كنا نريد إجراء البحث بكفاءة. وحتى عندما يكون التعاون الموزع خياراً قابلاً للتطبيق، تبقى اللقاءات الشخصية وجهاً لوجه نقطة انطلاق حاسمة أو جزءاً مهماً من كثير من المشروعات. ورغم النمو في كفاءة تكنولوجيا الاتصالات، فهي لا تستطيع أن تقدم جميع المنافع التي

يقدمها العمل جنباً إلى جنب. وهذا صحيح على مستوى الباحثين الأفراد الذين يتشربون معرفة ضمنية قيمة (إذا تعذر قياسها) عبر العمل في المختبر نفسه، وعلى مستوى الاقتصادات التي تستفيد من "الكميات الفائضة" الناتجة عن المجموعات الجغرافية البحثية¹.

ولذلك فإننا ننقل التركيز في هذا الفصل من الأشخاص إلى المكان. يتناول الفصل الجغرافية الحالية للعلوم والعوامل التي تحفز توزيع النشاط العلمي ويستكشف السبب في أهمية هذا التوزيع، ويبحث أيضاً في كيفية توزيع منافع العلم على نحو أكثر إنصافاً. تبدأ المناقشة بنظرة إلى كيفية تأثير المكان على التعاون على المستوى الفردي.

من البرازيل والصين إلى الولايات المتحدة

خلال التسعينات أثنار "فرانك إ. كاراز" وهو اليوم الأستاذ المتميز لـ "كونت أو. سيلفيو" في جامعة ماساتشوستس في إمبريسيت، اهتماماً كبيراً خلال التسعينيات في مجال علوم البوليميرات (Polymers) عندما أوجد مادة دعاها "البوليميرات ذات الروابط المتبدلة". فقد استطاع أن يجعل هذا النوع الجديد من "البوليميرات" يصدر الضوء بتمرير تيار كهربائي خلاله. ربما كان ذلك مشاهداً لاستخدام بطارية وسلك لإضاءة طبق طعام، وهو جسم غير موصل للكهرباء. أحدث اكتشاف "كاراز" ثورة في مجال البوليميرات والبصريات وقدم إمكانية تطوير أشكال جديدة من الإضاءة ولوحات العرض ذات الوزن الخفيف. كذلك جعله يفوز بالعديد من الجوائز ويحظى بشهادة الكثيرين، وهو ما وضعه على رأس مجال تخصصه. فتألق نجمه في سماء مشروعات التعاون.

وفي عام 2000، نشر "كاراز" دراسة استُشهد بها كثيراً تناول خصائص البوليميرات متغيرة الروابط التي تصدر الضوء². كان المشاركون في وضع الدراسة قد أقبلوا من عدة بلدان. وكانت "د. إ. أكسيلرود" عالمة برازيلية تقضي إجازة مدتها سنة في ماساتشوستس، وكانت قد التقت بالدكتور "كاراز" عندما زار البرازيل في سياق تبادل علمي. وكانت "أكسيلرود" قد جلبت معها "م. ر. بينتو"، وهو باحث في الدراسات ما بعد الدكتوراه من جامعة ريو دي جانيرو؛ وكانت

غايته من المساهمة في الدراسة التي أجريت عام 2000 تركيب بوليميرات لاستخدامها في التجارب. كذلك ساهم "بن هو" في المشروع، وهو طالب دراسات ما بعد الدكتوراه، فتولى تحليل النتائج.

عادت "أكسيلرود" في ما بعد إلى وظيفتها الجامعية في البرازيل حيث تتابع اليوم مسار البحث الذي بدأته في مختبر "كاراز"، فترسل عينات من البوليميرات مستغرة الروابط إلى مختبر ماساتشوستس لإجراء القياسات وتسلم النتائج عبر الإنترنت. وهي أيضاً تحافظ على اتصالها بـ "بن هو" الذي عاد إلى الصين لإجراء أبحاث على المواد. لقد أوجدوا معاً مجعاً لأبحاث البوليميرات ضمن الأكاديمية العالمية الخفية.

يمثل "كاراز" مثلاً على عقدة شديدة الجاذبية في شبكة العلوم العالمية. فقد تواصلت "أكسيلرود" مع "كاراز" لتحسين جودة بحثها، وهي تواصل اليوم عملها معه، بالرغم من أنهما لم يعملوا بعد ذلك معاً في المختبر نفسه. وبدورها كانت "أكسيلرود" الرابط بين "بينتو" الشاب و"كاراز". فلم يكن "بينتو" ليتمكن وحده من الاتصال بـ "كاراز"، لكنه استطاع بفضل ظاهرة العالم الصغير أن يحظى بفرصة العمل مع واحد من ألمع العلماء في مجاله.

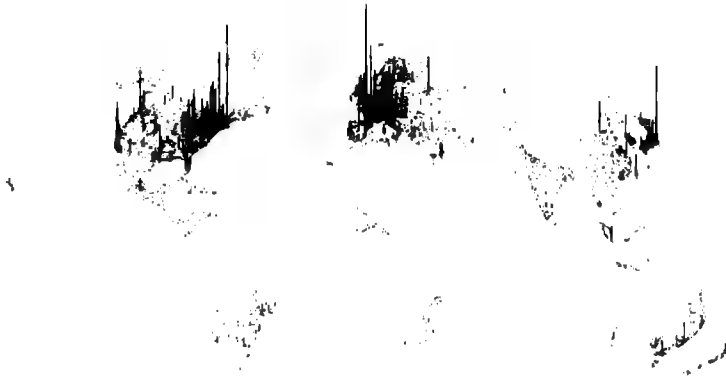
تتكرر تجربة هذا الفريق البحثي في آلاف الاتصالات بين العلماء الباحثين عن السمعة الجيدة والموارد والقدرات المكملة. ويكتسب الباحثون المعرفة والقدرات بالاستفادة من هذا النظام عبر الروابط القوية والضعيفة. ويجري تبادل نتائج بحثهم بسهولة عبر نظام من المنشورات. ويستطيع العلماء، نظرياً على الأقل، أن يصلوا إلى هذه النتائج من أي مكان في العالم حيثما وأينما يرون أنها قد تكون مفيدة. ومع ذلك فإن هذه النظرية خاطئة نوعاً ما، لأن كثيراً من المجالات لا تتوافر إلا عبر خدمة الاشتراك، وهو ما قد يجعلها بعيدة عن متناول الباحثين في الجامعات التي لا تملك موازنات كبيرة بما يكفي للسماح بالحصول على جميع الأدبيات العلمية.

ورغم ذلك، كان على الأفراد الذين يشكلون هذا الفريق أن يجتمعوا في بلدة صغيرة في غرب ولاية ماساتشوستس لتعزيز الاتصال في ما بينهم، وهناك أنشأ "كاراز" المولود في سلوفاكيا مختبره. لم تكن لدى "كاراز" الخبرة التي جمعتهم فحسب، بل كانت لديه المعدات المتخصصة أيضاً. وهو يقول بفخر: "مختبرنا مجهز بأحدث ما

توصل إليه العلم من معدات لإجراء أبحاث متقدمة على البوليميرات"³. إن لتوفر هذه الأجهزة، إضافة إلى قربها من كبار الباحثين، تأثير مهم على مكان حدوث التعاون.

التوزع العالمي للعلوم

أدت هذه العوامل، إلى جانب قوى الحدث التاريخي الذي جمع علماء من مستوى "كاراز" للعيش في الولايات المتحدة، وكذلك التوزع العالمي غير المتكافئ أبداً للسلطة والثروة، إلى تركيز النشاط العلمي في عدد صغير نسبياً من البلدان، كما يبين الشكل 5-1. ويتحدد ارتفاع الخط في هذه الخريطة بعدد الدراسات التي نشرها باحثون من مؤسسات محلية. والجيد في الأمر أن الموهبة العلمية تظهر في كثير من الأماكن في العالم. أما النبأ السيئ المحتمل فهو أنها تتجمع على نحو كثيف في العالم المتقدم. والعالم بهذا الصدد بعيد عن أن يكون مسطحاً. تمثل الذرى الظاهرة في الخريطة حول مدن، مثل بوسطن ولندن وطوكيو، نتائج الاستثمار الوطني الضخم على المدى البعيد في مجال العلوم. ولطالما كانت هذه الاستثمارات ممكنة فقط بالنسبة للدول الغنية. فقد كان خمسة عشر بلداً فقط مسؤولاً عن نسبة 90 بالمئة من الإنفاق العالمي على الأبحاث والتطوير في عام 2004⁴. وقبل عام 1960، كانت ستة بلدان مسؤولة عن النسبة ذاتها.



الشكل 5-1. النشاط العلمي متركز في عدد قليل نسبياً من البلدان

المصدر: الرسم الفني بقلم دبليو. برانفورد، وقدم البيانات "ريتشارد كلافتانز" و"كينيث بويك".

كذلك فإن التوزيع الجغرافي للإنفاق العلمي والمقدرات العلمية متفاوت وشديد التركيز ضمن هذه البلدان. ففي عام 2003، على سبيل المثال، أنفق نحو ثلثي حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير في الولايات المتحدة ضمن عشر ولايات فقط. وكانت ولاية كاليفورنيا وحدها مسؤولة عن أكثر من خمس إنفاق البلاد على الأبحاث والتطوير والذي بلغ 278 مليار دولار في ذلك العام. وفي العام نفسه أيضاً، كان أكثر من نصف جميع مشروعات الأبحاث والتطوير الممولة من مصنعي الحواسيب والمنتجات الإلكترونية في القطاع الخاص يتم في ثلاث ولايات فقط وهي كاليفورنيا وماساتشوستس وتكساس⁵.

وكما تشير هذه الأمثلة، فإن لكل مجال ضمن العلوم جغرافيا مختلفة، كما أن درجة تركيز النشاط في مكان محدد تختلف باختلاف التخصص. فالمجالات التي تتطلب أجهزة معقدة ومكلفة، على سبيل المثال، وهي المجالات التي تتميز بـ "جاذبية" قوية جداً، تتجمع في بضعة مراكز بحثية. ومع ذلك، فإن موقع الأبحاث في معظم المجالات عادة ما يكون ضمن المدن الكبيرة في البلدان الغنية، أو قريباً منها. وينطبق الأمر ذاته على مؤسسات التعليم العالي التي تدرب الطلاب وتجري الأبحاث على درجة عالمية. فهذه المؤسسات الأكاديمية تتركز على نحو كبير في بضع مناطق ضمن البلدان المتقدمة علمياً. والخلاصة هي أن الموارد اللازمة لابتكار المعرفة ليست منتشرة انتشاراً متكافئاً.

فضلاً عن ذلك، فليس من السهل على الآخرين الوصول إلى معظم المعارف التي يتم إيجادها في هذه المجمعات. فغالباً ما تنشر المقالات في مجلات محدودة الانتشار وبراءات اختراع ليست في متناول المؤسسات في البلدان الفقيرة. كذلك فإن قوانين الملكية الفكرية تحمي بعض المعلومات، والحكومات الوطنية تقيد الوصول إلى العلوم، كما أشرنا آنفاً، لأنها تعد المعرفة ثروة وطنية يجب الاحتفاظ بها.

شرح جغرافية العلوم

تسهم عوامل عديدة في التوزيع غير العادل للنشاط العلمي، بما فيها تاريخ استثمارات الحكومات في البلدان الغنية. من الواضح أن الحكومات الغنية قادرة على تأمين دعم أكبر للعلوم، وهي تفضل إنفاق أموال أبحاثها ضمن حدودها،

وهذا أمر يمكن فهمه. فضلاً عن ذلك، غالباً ما يفكر واضعو السياسات بأهداف سياسية عند اختيار مكان إنشاء هذه المرافق. لكن العوامل غير السياسية يمكن أن تدخل في الحساب أيضاً عند تحديد مكان إجراء الأبحاث العلمية، وهي تشمل متطلبات رأس المال من أجل مشروع بحثي محدد؛ ودرجة اعتماده على الوصول إلى موارد فريدة؛ والحوادث التاريخية؛ وظواهر مثل الانجذاب التفضيلي، واقتصاديات الحجم الكبير المتنوع والاستقرار وفق نموذج يعرف باسم "lock-in".

تتطلب بعض المجالات أجهزة مكلفة أو تستلزم إجراء البحث في مواقع محددة. ويصبح التنظيم في بضعة مراكز ممتازة في هذه الحالات أمراً طبيعياً وفاعلاً. فنظام المعرفة لا يتطلب وجود جهاز تسريع إشعاعي (synchrotron) في كل بلد وليس بوسعه تأمينه في كل بلد، وليس من المنطقي توزيع مراكز الأبحاث في علم المحيطات حول العالم على نحو عشوائي أو بالتساوي.

كذلك فإن الجغرافيا هي التي تحدد موقع الاستثمارات المركزة إلى حد بعيد في بعض الحالات. لكنه قد يتحدد في حالات أخرى بالحوادث التاريخية أو الاستثمارات التي تجعل مدينة أو منطقة بعينها مرشحة رئيسة لاستثمارات إضافية. ومثالاً على ذلك نذكر مدينة هانوفر في ألمانيا التي تتمتع بسمعة تمتد إلى قرون مضت كمركز للأبحاث الكيميائية، وجنيف في سويسرا التي تمثل منذ وقت طويل مركزاً لأبحاث الفيزياء، وهذا التاريخ جعل من الطبيعي اختيارها لأن تكون موقع "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية" (CERN)، حيث أضخم مختبر للفيزياء الجزيئية في العالم. وفي مرحلة متقدمة في مسار تطور علم الفلك في القرن العشرين، أصبحت سانتياغو في تشيلي الموقع الأول للتلسكوبات الموجهة نحو سماء الجنوب، وقد استثمرت مراكز الأبحاث المحلية في هذه المعدات لتصبح رائدة في مجال علم الفلك. بينما استثمرت كوبى في اليابان في أجهزة دراسة الزلازل، بسبب تاريخها الطويل في دراسة الزلازل، إلى جانب مرافق أخرى لصالح أبحاث الزلازل التي جذبت العلماء من أنحاء العالم.

وكما تبين هذه الأمثلة، فبعد حدوث استثمار ضخم في منطقة معينة وبعد أن تؤدي السمة التراكمية إلى تعزيز قيمة الاستثمار الأولي، تكتسب المنطقة جاذبية معينة ضمن الشبكة. وبالنتيجة، نرى أن التوزيع النهائي للنشاط العلمي "متوقف

على المسار"⁶. وتشارك في هذا التأثير عدة قوى ذات صلة. وبسبب اقتصاديات الحجم الكبير المتنوع، غالباً ما يكون إجراء مشروعات بحثية مختلفة في الموقع نفسه أكثر كفاءة. وفي المقابل، يمكن أن تعزى هذه الاقتصاديات إلى عوامل ملموسة وغير ملموسة، مثل المعدات الباهظة وتراكم رأس المال الاجتماعي والمعرفة الكامنة. ومن شأن وجود مخزون سابق من رأس المال الاجتماعي أن يسهل على الدارسين إنشاء شركات بحثية، بينما تساعد المعرفة الكامنة على جعل هذه الشركات أكثر إنتاجية. كما أنها تساعد في الحصول على الأفضلية في وقت باكر من المشروع على مستوى المؤسسة أو المجتمع البحثي.

أما على الصعيد الشخصي، فإن الارتباط التفضيلي يعزز السمة التراكمية على المستوى الميداني. ومن الطبيعي أن يفضل باحثون من أمثال "د. إ. أكسلرود" العمل مع أشخاص متقدمين في مجالهم مثل "فرانك كاراز". وبالنتيجة، فإن المراكز المتفوقة تستفيد من استمرار تدفق العلماء إليها ممن يتميزون بإنتاجية مرتفعة وتمويل جيد. ونرى بهذه الطريقة أنها نجحت في تحقيق التوازن بين قوتين ينبغي أن تكونا في أي مؤسسة ناجحة وهما الاستقرار، عبر تجميع المعرفة، والتنوع، عبر استقبال المشاركين الجدد والأفكار الجديدة.

ما السبب في أهمية موقع العلوم؟

استطاعت المرافق العلمية عالمية المستوى منذ مدة طويلة أن تمنح الهيبة أو الفخر للبلدان التي تدعمها حقاً. ولو كانت هذه هي المنفعة الوحيدة، لربما ما كان التوزيع الجغرافي للنشاط العلمي ذا أهمية كبيرة. لكن الاستثمار العلمي المركز يعود أيضاً بمكاسب أعظم. ومن الواضح أن النشاطات العلمية، على المستوى الوطني، مرتبطة بالازدهار الاقتصادي، كما أشارت العديد من الدراسات في كل من نمو العلوم والنمو الاقتصادي⁷. وبالرغم من ذلك، لم تضع دراسات الاقتصاد أو العلوم رابطاً سببياً مقنعاً بين العلوم والازدهار. وربما كانت العلوم محفزاً على تطور أدى في إحدى المرات إلى تحقق إنجازات على مستوى معين من النمو الاقتصادي.

يمكن لمجمعات النشاط العلمي أن تولد قدراً كبيراً من الآثار غير المباشرة، ليس فقط بإيجاد فرص للتوظيف في المؤسسات العلمية وحولها، بل أيضاً بإيجاد معرفة

يمكن للنظرء المحليين أن يحصلوا عليها ويستفيدوا منها. ومن الواضح أن المؤسسات البحثية في كثير من المناطق، ولا سيما وادي السيليكون، هي بمنزلة منابع للمعرفة تؤمن روابط بالنمو الإقليمي. ولقد كُتب الكثير عن الآثار غير المباشرة الإقليمية للأبحاث على التطور التكنولوجي المحلي وأثرها الكبير على التنمية الاقتصادية الإقليمية⁸. ويبدو أن المؤسسات البحثية تكون مع الشركات والسكان المحليين حلقة قوية تشجع بيئة خصبة لكل من النشاط العلمي والاقتصادي. أدى هذا الاكتشاف بالأطراف الفاعلة الحكومية على جميع المستويات (على مستوى البلديات والولايات والمستويين الوطني والدولي) إلى التشجيع على إنشاء مجتمعات محلية بهدف دفع هذه الدوائر القوية إلى الأمام.

بإمكان هذه المجتمعات أن تقوم بأكثر من تعزيز النمو الاقتصادي؛ إذ يمكنها أيضاً أن تقدم منافع علمية وسياسية على صورة معارف تستهدف المشكلات المحلية. كما يصبح من الأرجح أن تعالج المؤسسات العلمية الرائدة احتياجات البلدان الأم لهذه المؤسسات. ومن جهة أخرى، غالباً ما ترى البلدان التي لا تستطيع تحمل تكاليف الاستثمارات البحثية واسعة النطاق صعوبة في جذب اهتمام العالم بمصالحها. وتوضح هذه الدينامية، على سبيل المثال، سبب تكريس موارد ضخمة لمكافحة السرطان في الولايات المتحدة، والاهتمام القليل الذي تلقاه عادة أمراض أخرى، مثل الملاريا، التي تقض مضجع أعداد أكبر من البشر في البلدان النامية. إن تركيز النشاط العلمي لا يعني فقط أن بعض المناطق وبعض البلدان تولد معرفة أكبر من غيرها، بل إن هذه المناطق والبلدان نفسها هي التي تقرر نوع المعرفة التي يتم إيجادها ونوع المشكلات التي يتم حلها.

وليس ذلك صحيحاً فقط في المؤسسات البحثية ذات الشهرة العالمية، بل ينطبق أيضاً على نطاق أصغر. فمعظم البلدان المتقدمة علمياً تدعم المختبرات البحثية المخصصة للزراعة والصحة (بما فيها سلامة الغذاء) والبيئة والتكنولوجيا الحيوية والتصنيع والنقل التي تركز على سبر المشكلات المحلية وحلها. وتؤدي هذه المختبرات دوراً حاسماً في دعم جودة الحياة في هذه البلدان. لكن ويا للأسف، غالباً ما تكون المعرفة التي لديها محلية إلى درجة لا تسمح بتطبيقها بفاعلية في بيئات أخرى.

إعادة توزيع منافع العلم

بطراً هنا سؤالان اثنان نظراً إلى أن النشاط العلمي يقدم هذه المنافع الكبيرة. الأول: إلى أي مدى يمكن للربط الافتراضي أن ينتج فجوة بين مناطق وجود الموارد العلمية والمناطق التي تحتاج إلى هذه الموارد؟ والثاني: ما الذي يمكن عمله وما الذي ينبغي عمله لتوزيع هذه الموارد أو منافعها على نحو أكثر إنصافاً؟

دور الربط الافتراضي

من الواضح أن نمو شبكة الإنترنت وتطور الشبكة العالمية زادا من سهولة تبادل الباحثين للبيانات والموارد التي تعزز إبداعهم. فالعلماء والمهندسون قادرون اليوم على العثور على أقرانهم والتواصل بسهولة أكبر من ذي قبل، ويمكنهم استخدام الإنترنت والشبكة العالمية لتبادل البيانات وتخزينها وتحسينها. لكن هذه التغييرات، بالرغم من ضخامتها المؤثرة، لم تحدث ثورة في طريقة ممارسة العلم، إذ سرعان ما يتضح في المقابلات مع العلماء أنهم لم يقدموا قدرات جديدة بالرغم من أن الإنترنت والشبكة العالمية حققتا زيادة كبيرة في فاعلية تبادل المعلومات بين العلماء. لقد انتقل الباحثون من الرسائل إلى البريد الإلكتروني، وبدلاً من تخزين البيانات على الورق وتحليل المعلومات يدوياً، أصبحوا الآن يخزنونها رقمياً ويجرون التحليلات بمعونة الحاسب⁹. وبعد أن كان جمع قواعد البيانات يستغرق شهوراً، أصبح من الممكن تجميع قواعد البيانات هذه وزيادة حجمها في غضون ساعات.

ثمة استثناءات لهذه القاعدة. منها على سبيل المثال أن الحوسبة الموزعة أو الشبكية مكنت المشروعات التي تتطلب طاقة حاسوبية ضخمة من توزيع العمل على آلاف الحواسيب الشخصية العادية بدلاً من الاعتماد على استخدام حواسيب فائقة التطور. ويستخدم هذا الأسلوب في مشروع "البحث عن الذكاء خارج الأرض" (SETI)، وهو مشروع مقره بيركلي في ولاية كاليفورنيا يستخدم هذا المنهج لفحص كميات هائلة من البيانات تجمع بواسطة التلسكوب اللاسلكي "أريسيبو" في بورتوريكو. ترسل الملاحظات التي يجمعها التلسكوب إلى مقر المشروع في بيركلي وتقسّم إلى أجزاء صغيرة ومن ثم توزع عبر الإنترنت إلى متطوعين قاموا بتحميل برنامج (SETI@home software). يقوم البرنامج بتحليل

البيانات تلقائياً ثم يرسل النتائج إلى بيركلي حيث يتم إدراجها ضمن قاعدة بيانات ضخمة¹⁰.

تم أيضاً بذل جهود أخرى لتحقيق الربط بين المختبرات البحثية التي تستخدم معدات واسعة النطاق على نحو يُحدث شبكة افتراضية بينها. لقد أنشئت هذه الشبكات لأغراض أبحاث في العلوم متناهية الصغر، على سبيل المثال. ولأن العلوم متناهية الصغر تدرس المواد على المستوى الذري والجزيئي، يتطلب العلماء جهازاً على درجة عالية من التخصص، وهو المجهر المتطور، من أجل رؤية المادة موضوع بحثهم. ونرى اليوم أن العمل يتحسن نحو استخدام المسابر متناهية الصغر ذات القوة الذرية لإجراء العمليات والتفاعلات الفيزيائية عن بعد. وكمثال على ذلك نذكر جهاز المعالجة متناهية الصغر، وهو نظام رجل آلي تم تطويره في جامعة شمال كاليفورنيا، في تشابل هيل، يتيح عبر الإنترنت صورة ثلاثية الأبعاد للتجارب بأبعادها الحقيقية¹¹.

ينبغي، من الناحية النظرية، أن تؤدي هذه الأنواع من الأدوات إلى جعل الموارد متاحة أمام الباحثين المقيمين في مناطق بعيدة ممن لا يستطيعون السفر إلى المؤسسة التي تملك هذه الأدوات. وغالباً ما كان ذلك متاح كطريقة لاستخدام الإنترنت من أجل ربط البلدان الفقيرة بمراكز المعرفة¹². لكن الاحتمال ضعيف في نجاح هذه الفئة عبر اعتمادها على نفسها. فالروابط الافتراضية لا تقضي إلى أفضل النتائج إلا إذا كان الباحثون قد عملوا في الأصل معاً وجهاً لوجه ومن ثم استخدموا الأدوات الحاسوبية والاتصالات للتعاون عبر شبكات الاتصال، كما يتضح من مثال فريق "البوليميرات" المضافة¹³.

علاوة على ذلك، فإن التمكن من الحصول على الجهاز اللازم ليس بالمشكلة الوحيدة. فهناك تحدٍّ آخر لا يقل أهمية وهو إيجاد وسيلة لدخول النقاش والتفاعل الديناميكي المتمثل في رأس المال الاجتماعي والذي يأتي من العمل في مختبر مع باحثين آخرين. يمكن للباحثين الاستفادة من هذه النقاشات عبر الاتصالات الإلكترونية. لكن نادراً ما تمكن هذه الآليات من الحصول على المجموعة الكاملة من المعلومات التي يتم تبادلها في النقاشات غير الرسمية وغير المقيدة التي تتم بين الأشخاص وجهاً لوجه، وخاصة تلك التي تجمع عدداً من الأشخاص. إضافة لذلك

فهي لا تستطيع إيصال المعرفة الكامنة، أي التجربة الحدسية التي يمكن أن تكون لدى الباحثين والتي يتبادلونها حتى دون أن يدركوا ذلك. وبالعامل معاً جنباً إلى جنب والتعلم بالعمل، يلتقط العلماء الطرق المختصرة والعادات وأفضل الممارسات التي تحقق التقدم لعملهم، ربما من دون أن يدركوا أبداً ما يفعلونه. وإذا كانت هذه الممارسات فطرية أو متأصلة جداً في النفس، فقد لا يفكر الباحثون أبداً في تلخيص ما يتعلمونه في كلمات لنشرها على الملأ.

تنطبق هذه النظرة على ما يتجاوز التقنيات البحثية، فإنتاج المعرفة يتطلب أيضاً تعلم معايير المجتمع البحثي السائد وقيمه، وكذلك اللغة التي يستخدمها. ونادراً ما يتم تدوين هذه المعايير سواء إلكترونياً أو في شكل مطبوع. بل يتم نقلها عبر الممارسة والمثال والملاحظات غير الرسمية، التي تمثل جميعها طرقاً من التواصل لا يمكن للربط الافتراضي أن يحققها.

رسم خريطة جديدة للعلوم: تجربة فكرية

ما الذي يمكن لواضعي السياسات عمله، أو ما الذي يتعين عليهم عمله في محاولة توزيع الموارد العلمية على نحو أكثر إنصافاً وذلك بالنظر إلى استمرار الأهمية التي يحظى بها مكان ممارسة العلوم؟ لمعالجة هذه المسألة، لنقم بتجربة فكرية مستوحاة من نظرية "جون راؤول" المؤثرة عن العدالة. ففي كتابه الصادر عام 1971 الذي يحمل الاسم ذاته، يشير "راؤول" إلى أن الطريق نحو الوصول إلى نظام عادل في المجتمع (أو في هذه الحالة إلى توزيع عادل للموارد) هو أن نفكر ملياً وراء "حاجز الجهل" الذي يمنعنا من معرفة تفاصيل وضعنا. فلكل واحد منا وراء هذا الحاجز فرصة متكافئة في أن يكون غنياً أو فقيراً، ذكياً أو متخلفاً، ضعيفاً أو قوياً. ويصف "راؤول" نقطة البداية هذه بـ "الوضع الأصلي" أو "الوضع القائم الأولي المناسب الذي يضمن أن تكون الاتفاقات الأساسية التي تم الوصول إليها ضمنه عادلة"¹⁴. ويقول إننا إذا بدأنا بهذا الوضع الأصلي، فسوف نصل في النهاية إلى مفهوم عام للعدالة بمعنى الإنصاف، والذي "يتطلب أن تكون جميع السلع الأساسية موزعة بالتساوي، إلا إذا كان هذا التوزيع على نحو غير متساو أمراً في مصلحة الجميع"¹⁵. وبالاتفاق على هذه القاعدة، يمكن لكل فرد في الوضع الأصلي أن يحقق أقصى قدر من رفاهيته المتوقعة في المجتمع.

لكن تطبيق هذا الاقتراح على العلوم مسألة صعبة. لتذكر من النقاش السابق أن تركيز الموارد غالباً ما يسهم إسهاماً أساسياً في إبداع المعرفة. وبالنتيجة، فإن توزيع النشاط توزيعاً غير متكافئ قد يبدو جيداً بالنسبة للعلوم ولمصلحة الجميع، نظرياً على الأقل. لكننا قد نتفق في الوقت نفسه على أن تركيز النشاط يجب ألا يحدث على نحو مبالغ فيه. وينبغي ألا تصبح كل هيئة سياسية متقدمة جداً على الأمم الأخرى التي تستمد منها الغالبية العظمى من الموارد المتاحة في نوع من "سيناريوهات زوال السمة التراكمية"، حتى ولو كانت نتيجة هذا التركيز تحقيق قدر كبير من المعرفة الجديدة. فرمما يعني هذا الاحتكار أن الأماكن الأخرى قد تخسر إمكانية الوصول إلى فرص التعليم والقدرات الإبداعية.

وهكذا يصبح التحدي هو تحقيق التوازن الصحيح بين أهداف المساواة (التي تؤيد التوزيع) وأهداف إيجاد المعرفة (التي تؤيد التركيز في كثير من الحالات). ويتميز هذا التحدي بصعوبة خاصة لأن درجة التركيز المثلى اجتماعياً يمكن أن تختلف من مجال إلى آخر. ومن الواضح أن هناك حالات في العلوم حققت نتائج جيدة من التشارك في الأجهزة. لكن من الضروري في حالات أخرى توفير القدرات البحثية محلياً فقط إذا أريد للبحث أن يحقق تقدماً. أي لا يمكن تطبيق مبدأ التوزيع نفسه عبر جميع التخصصات.

ولمعالجة هذه المسألة، لنعد إلى المخطط ذي الأجزاء الأربعة الوارد في الفصل الثاني. فإذا وضعنا في هذا المخطط طريقة تنظيم البحث (من الأعلى إلى الأسفل أو من الأسفل إلى الأعلى) في مقابل طريقة إجرائه (مركزي أو موزع)، يمكن أن نحصل على أربع فئات للمشروعات العلمية: مشروعات العلوم الكبرى والمشروعات الجيوتكنيكية والمشروعات المنسقة والمشروعات التشاركية. لتذكر أن مشروعات العلوم الكبرى وبعض المشروعات الجيوتكنيكية تميل إلى أن تكون "ثقيلة" جداً وتتطلب أجهزة متخصصة ضخمة. هذه المشروعات مكلفة جداً وتصبح في الأساس جزءاً من المكان الذي أنشئت فيه. وقد يصل الأمر إلى درجة عالية من انعدام الكفاءة إذا جرى الاستثمار في أكثر من هذا العدد القليل من هذه الموارد (بل أحياناً في أكثر من مورد واحد). يمكننا أن نستنتج، في هذه الحالات، أن التوزيع البعيد جداً عن التكافؤ أمر مقبول، بالرغم من أن فتح هذه المراكز

للمستخدمين بناء على رسم متغير للمستخدم وعبر روابط افتراضية قد يكون أكثر إنصافاً. وبتعبير آخر، ينبغي أن يكون الوصول إلى هذه الموارد مفتوحاً مع توفير تبادل واسع للمعرفة التي يتم تطويرها ضمنها.

وبالمقابل، نرى أن الدخول إلى النشاطات المنسقة أو التشاركية ينطوي على كلفة أقل. فانخفاض حجم هذه المشروعات يعني أنها يمكن أن تستخدم عدة مختبرات في أنحاء العالم. وفي هذه الحالة، قد تكون مجموعة من التوزيعات مثلى اجتماعياً. فمثلاً، يمكن استخدام مختبرات متماثلة منتشرة على نحو متساو نسبياً عبر العالم وفقاً لعدد السكان، وهذا يسهل الوصول إليها على معظم الباحثين. أو يمكن إقامة مختبرات في أقاليم مختلفة تكون متخصصة في مجالات معينة ضمن التخصص نفسه وتشارك بنشاط في تبادل الموارد والمعلومات وفقاً لقدراتها واحتياجاتها. ويصبح الأسلوب الثاني منطقياً عندما تكون الظروف المحلية مدخلاً مهماً في الأعمال البحثية. وغالباً ما تكون المختبرات المحلية الصغيرة والمراكز الفرعية في الأبحاث الزراعية، على سبيل المثال، النمط الأفضل لإجراء الأبحاث ونقل المعرفة.

لكن يبقى التحدي المتمثل في تأمين التعلم التجريبي ضمن بيئة موزعة مسألة ينبغي معالجتها. فهناك جزء كبير من إيجاد المعرفة ينطوي على التعلم الضمني. وإذا تمت تجزئة البحث إلى فئات أو أصناف لتسهيل المهمات المشتركة، تصبح المسألة هي مسألة اكتشاف المكان الذي يتم فيه تكامل المعرفة والاستفادة منها. وإذا كان تكامل المعرفة يتم في مكان مفضل واحد، فقد تضعيع أجزاء مهمة من عملية التعلم على الأعضاء الآخرين من الفريق الموزع ما لم يجدوا طرقاً تمكنهم ليس فقط من الوصول إلى المعرفة المتكاملة، بل أيضاً إلى "تثبيتها"، من أجل تلبية احتياجات محددة على المستوى المحلي. ومثالاً على ذلك نذكر البحث الذي أجري لصالح مشروع الجينوم البشري وكان موزعاً ومنسقاً في أنحاء العالم، وجرى تبادل المعرفة مع جميع المشاركين في البحث. لكن القدرة على دمج المعرفة ضمن النتائج وتحويل النتائج إلى منتجات كانت مقتصرة على تلك الأجزاء من العالم التي تمكنت من دمج هذه الوظائف، ولم تتحقق هذه المعايير إلا في بضعة أماكن فقط.

وبالمجمل، فإن عدم التكافؤ في توزيع العلوم ليس مشكلة في حد ذاته، فبعض مجالات العلوم قد توزع توزيعاً غير متكافئ بسبب نطاق وحجم الاستثمارات

المطلوبة لتطوير المعرفة، حتى في النظام العادل. ويتطلب إيجاد المعرفة ضمن مجال محدد، في هذه الحالات، أن تكون العوامل المساهمة مركزة جغرافياً. تكمن المشكلة في عدم قدرة بعض الأماكن على دمج المعرفة وتوجيهها نحو حل المشكلات. وبرغم أن الحكومات غالباً ما تؤمن هذه الوظائف كسلع عامة، إلا أن انعدام المساواة ينشأ من التحيز المتأصل في النظم الوطنية التي تحول دون نشر المعرفة، وليس بسبب موقع الأبحاث. يمكن معالجة هذا الأمر جزئياً عبر الوصول المفتوح والربط الافتراضي وعبر إحداث تغييرات في سياسات الحكومة.

الحالة الأكبر عموماً على عدم التكافؤ تلاحظ في موقع الأبحاث عندما يؤدي تركيزها إلى فوائد محدودة وخاصة حيث يجب أن تكون المعرفة ذات صلة ومتاحة محلياً حتى تكون فاعلة ومفيدة. ينبغي في هذه العلوم، مثل علم التربة والزراعة والحياة المائية وعلم الأحياء والهيدرولوجيا وغيرها، أن ينصب التركيز على التأكد من توفر القدرات البحثية، التي عادة ما تكون في شكل استثمارات محلية محددة الأهداف ومرتبطة بعقد مهمة ضمن شبكة العلوم. يمكن لهذه الاستثمارات أن تحدث زيادة حاسمة في قدرة المنطقة أو البلد على استيعاب المعرفة وبنائها.

عودة إلى العالم الحقيقي

ما الذي يمكن أن نتعلمه من هذه التجربة الفكرية عن السياسات والأولويات التي توجه العلوم في القرن الحادي والعشرين؟ النقطة الأولى والأبسط هي أنه لا بد من إزالة الحواجز المصطنعة أمام نقل المعرفة، حيثما أمكن، بحيث يتمكن العلماء من إقامة الصلات عندما تمنح الفرص الملائمة وعلى نحو يساعد على تدفق المعرفة وعلى نموها. تشمل هذه الحواجز التكاليف المرتبطة بالحصول على المجالات العلمية وحضور المؤتمرات وشراء المعدات والسفر إلى أماكن إجراء أبحاث خاصة بالموقع. فضلاً عن ذلك، ينبغي أن نكون نشطين في تشجيع نقل المعرفة عبر زيادة استخدام تكنولوجيا المعلومات واستخدام الأموال للمساعدة على نشر المعرفة العملية في البلدان النامية. ورغم ذلك فإن الاعتراف بقيود هذه الاستراتيجية أمر لا يقل أهمية، إذ إن نقل المعرفة قد يكون سهلاً في بعض أنواعها وصعباً في أنواع أخرى.

ومع أنه قد يكون من السهل استيعاب بعض أنواع المعرفة محلياً، إلا أن معظم المجالات تتطلب تدريباً مكثفاً لفهمها، بل يمكن أن تتطلب مزيداً من التدريب قبل تطبيقها على تحديات التنمية. والأهم من ذلك أن العلوم ليست مجرد مجموعة من المعارف التي يمكن نقلها من مكان إلى آخر لحل المشكلات ومواجهة التحديات. فالعلوم الأساسية، أو الأبحاث العلمية، تمثل عملية المساهمة بشيء جديد حقاً في نظام المعرفة. وهذه العملية غير متكافئة و"استثنائية" بطبيعتها، بمعنى أن القوى ذاتية التنظيم في الأكاديمية العالمية الخفية تفضل بلا شك بعض الروابط وأنماط التبادل على حساب أخرى.

إذاً، كيف يمكن لمعظم بلدان العالم أن تحقق مشاركة أكمل في هذا النظام؟ لقد ركزت الإجابة عن هذا السؤال في الماضي على إيجاد قدرات علمية محلية النمو، وخاصة إنشاء مراكز متميزة تضاهي مثيلاتها في العالم المتطور. لكن الحل في المستقبل يكمن في وضع استراتيجيات أكثر دقة لإقامة الاستثمارات المحلية ولربطها بالموارد المتاحة. وسوف تستفيد هذه الاستراتيجيات من الجغرافية المادية للعلوم ومن الجغرافية الافتراضية للمعرفة، وسوف تغير شكلها أيضاً.

نحو الجغرافية الجديدة للعلوم

عمل واضعو السياسات في جزء كبير من القرن العشرين على افتراض مفاده أن المشاركة الفاعلة في العلوم على المستوى العالمي تتطلب من البلد إنشاء المؤسسات وطائفة من العلوم والقوى العاملة الماهرة التي تدعم النظم المعرفية في البلدان المتقدمة علمياً. وركزت كثير من المشروعات التنموية على التوفيق بين المنظمات المؤسسية والقانونية لإيجاد نظم إبداع وطنية مساهمة لتلك الموجودة في البلدان المتقدمة. وليس من المستغرب أن تكون الجهود التي ركزت على بناء نظم الإبداع الوطنية قد تعرقلت لأن بلداناً مختلفة اتبعت مسارات مختلفة نحو التنمية العلمية والتكنولوجية. ففي اليابان، على سبيل المثال، نشأت معظم القدرات البحثية من داخل القطاع الخاص بينما جرى تطويرها إلى حد بعيد بدعم من الحكومة ضمن المملكة المتحدة والولايات المتحدة. وفي أوروبا، كانت الحكومات هي من يضع المعايير للمواد المستخدمة في الأبحاث والتصنيع؛ بينما أخذ القطاع الخاص على عاتقه هذا الدور في أمريكا الشمالية.

وسعى علماء آخرون نحو إيجاد تفسيرات أكثر عمقاً حتى لمدى نجاح الاقتصاديات المختلفة في إيجاد المعرفة واستخدامها. فعلى سبيل المثال يشير "فرانسيس فوكوياما" إلى أن لمستوى الثقة في التعاون ضمن المجتمع تأثيراً مهماً على مستوى التعاون، والذي يعدّ بدوره ضرورياً للنمو الاقتصادي والتغير التكنولوجي¹⁶. وكما لاحظنا سابقاً، فهي فكرة مهمة بداهة لأن الثقة ورأس المال الاجتماعي عاملان حاسمان في قدرة الأكاديمية العالمية الخفية على ابتكار المعرفة عبر فرق متكاملة تمتد عبر الحدود السياسية والتخصصية والجغرافية التقليدية. لكن، من الناحية العملية، فإن تعزيز الثقة بالتعاون مهمة أصعب بكثير من مهمة إقامة المؤسسات القانونية والسياسية والاقتصادية الأساسية ذاتها في بلد آخر.

ثمة نهج أقل طموحاً بقليل وهو تكرار العناصر الأساسية للمؤسسة العلمية في بلد غني. وتغطي هذه الاستراتيجية أيضاً بعض الجاذبية للوهلة الأولى. فكثير من البلدان تشجع مشروعاتها التي تعزز هيبتها أملاً منها في تطوير باحثين مهمين أو جذبهم وجني الفوائد الاقتصادية والعلمية للمجمع البحثي. لكن العديد من الجهود فشلت لأنها تجاهلت تحديد الظروف المحلية الفريدة التي يمكن أن تجتذب كبار العلماء وأن تدعم إيجاد معرفة جديدة. لا يمكن لأي قادم جديد في النظام أن يأمل بمنافسة الولايات المتحدة أو أوروبا في التخصصات عالية التكلفة، مثل الفيزياء الجسيمية، التي وظفت فيها أغنى بلدان العالم استثمارات واسعة النطاق. لكن ربما تمكن الوافد الجديد من بناء محور جديد ضمن الأكاديمية العالمية الخفية بالتركيز على مصدر محلي فريد من نوعه أو على مشكلة مهمة بوجه خاص.

تبقى الجهود الرامية إلى إنشاء مؤسسات فاعلة وقدرات محلية جزءاً مهماً من السياسات العلمية في القرن الحادي والعشرين. لكن ينبغي أن توضع هذه الجهود في سياق جديد. فبدلاً من التفكير في استثماراتها العلمية على أنها موجودة في عزلة، يتعين على واضعي السياسات تصورها ضمن سياق الجغرافية الافتراضية للمعرفة. وبتعبير آخر، يجب أن يحدد واضعو السياسات متى ينبغي إنشاء رابط بالموارد الموجودة المتاحة لكن البعيدة جغرافياً ومتى ينبغي إقامة استثمار محلي وبناء قدرات محلية أو إقليمية أو تعزيزها، بعد إجراء مسح لهيكلية الأكاديمية العالمية الخفية وتحديد الاحتياجات والفرص المحلية. إن هذا الخيار مشابه في نواح كثيرة لما يدعوه

استراتيجيو الأعمال قرار "البناء أو الشراء": متى ينبغي على الشركة أن تبني قدرات جديدة أو تحتفظ بوظائف معينة، ومتى ينبغي أن تعتمد على السوق في تأمين المدخلات أو الخدمات المهمة؟ يجب على صناع القرار في كلتا الحالتين دراسة مجموعة واسعة من العوامل، بما فيها حجم الاستثمار المطلوب ونطاقه ودرجة تميز احتياجاتهم أو حتى خصوصيتها وقدراتهم الحالية.

لكن ثمة فارقاً أساسياً بين الحالتين وهو أن واضعي السياسات يجب أن ينظروا إلى اختياراتهم عند دراسة الاستثمار في العلوم على أنها "إنشاء الروابط وإقامة المشروع" وليس "إنشاء الروابط أو إقامة المشروع". فهذان النهجان متكاملان إلى حد بعيد. إذ غالباً ما تكون من الضروري إقامة بعض الاستثمارات المحلية بهدف إيجاد قدرات ضرورية لإنشاء روابط مع النظام العالمي (بأن تصبح شريكاً جذاباً) أو للتأكد من أن هذه الروابط تحقق المكاسب المطلوبة منها. تكمن الصعوبة ضمن شبكة المعرفة العالمية في الاستفادة من المعرفة محلياً وتثبيتها. وغالباً ما تفقد هذه العملية فاعليتها إلا إذا وجدت بعض القدرات العلمية على أرض الواقع على هيئة مؤسسات وباحثين قادرين على أخذ المعرفة التي أوجدت في مكان آخر ثم تطبيقها والاستفادة منها.

لا يعني هذا أن على واضعي السياسات السعي إلى بناء العلم وفقاً لخطة محددة، بل على العكس تماماً. فإ إنشاء الفرق العلمية لتحقيق الأهداف السياسية يسبب قصوراً في النظام. وقد ثبت أن القواعد الداخلية والهيكليات العفوية في الأكاديمية العالمية الخفية تحقق فاعلية عالية في إنشاء الروابط اللازمة لتوليد المعرفة. وبالنتيجة، ينبغي على المخططين أن يسعوا إلى إيجاد وتحديد محفزات على تشجيع نوعي التنظيم والاستثمار اللذين يتبين أنهما يحققان الاستفادة محلياً.

إقامة المشروعات وإنشاء الروابط في أوغندا

إن واضعي السياسات ذوي التطلعات يرتقون إلى مستوى هذا التحدي، مثل "بيتر ندمير" السكرتير التنفيذي "لمجلس أوغندا الوطني للعلوم والتكنولوجيا" (UNCST). فقد عمل "ندمير" سنوات كثيرة على صياغة خطة أوغندا للعلوم والتكنولوجيا وعلى جمع البيانات لدعم الخطة وعلى تحقيق توافق الآراء على الوثيقة

(التي صدرت عام 2007)، وعلى وضع موازنة لزيادة الإنفاق على العلوم والتكنولوجيا. وأظهر أثناء هذه العملية وعياً شديداً لحاجة أوغندة إلى وضع استراتيجية لا تتناسب تماماً مع ظروف البلد فقط، بل تستفيد من الروابط الدولية أيضاً. يقول "ندمير": "سوف نحتاج أوغندة إلى الاستفادة من الكثير من المعارف التي لا نملكها ضمن حدودنا"¹⁷.

كخطوة أولى مهمة قام "ندمير" وزملاؤه بتقديم المساعدة من أجل توجيه واضعي السياسات في اختيار مجالات الاستثمار ذات الأولوية، إذ ليس باستطاعة أوغندة دعم جميع أنواع العلوم الموجودة في البلاد المتقدمة علمياً لكونها واحدة من أفقر البلدان في العالم، وعليها أن تختار المجالات بعناية. ولا يمكن لواضعي السياسات الاستثمار في جميع المجالات وتحديد المشروعات التي سوف تنجح والأخرى التي سوف تفشل. وبوعيتها لهذه القيود وبالاستناد إلى مدخلات أساسية عامة، قامت حكومة أوغندة باستثماراتها الأولية في نشاطات علمية منسقة وموزعة في علم الفيروسات والتكنولوجيا الحيوية¹⁸. وقع الاختيار على هذين المجالين لأنهما يعالجان الاحتياجات المحلية ولأنهما يوفران فرصاً لكل من الأبحاث المحلية والدولية. ويوضح "ندمير" قائلاً: "إذا أردنا في أوغندة أن نتحرك إلى أبعد من الأبحاث الزراعية، فعلياً القيام ببعض الاستثمارات الجريئة، لكن يجب أن نجد المزيج الصحيح من الموضوعات التي سوف تكون مهمة لعلمائنا، وإلا فلن نحقق تقدماً في الخطة. ولا يمكننا المضي في الخطة وحدنا، بل علينا إقامة روابط مع مجموعات أخرى خارج أوغندة. لكن كيف نقوم بذلك؟ حسناً، لا يزال هذا الجزء يتكشف لنا"¹⁹.

فضلاً عن ذلك، إذا أراد واضعو السياسات أن تكون استراتيجياتهم مستدامة، فعليهم التأكد من تنفيذ نظام يقدم الدعم الأساسي للنشاط العلمي. وفي هذا الخصوص، ربما كانوا يتمتعون بميزة على الداخلين الجدد في وقت سابق في الأكاديمية العالمية الخفية. فأوغندة قد لا تكون بحاجة إلى الاستثمار في مجموعة كاملة من المؤسسات وخدمات الدعم والوظائف التي عادة ما تقدمها البلدان المتقدمة صناعياً. ويمكن أن تكون الشبكات بديلة للمؤسسات المحلية إلى حد ما، وخاصة في العلوم المنسقة والتشاركية. ويمكن للاتصالات بواسطة الحاسب أن

تساعد الشبكات في تأدية هذا الدور. فضلاً عن ذلك، يمكن للمؤسسات الحكومية الدولية أو غير الحكومية أن توفر بعض الوظائف الأساسية التي تقوم عليها القدرات العلمية على المستوى الإقليمي بدلاً من أن تكون داخل كل بلد. إن فهم هذه الوظائف والقدرات التي تدعمها هو هدف الفصل القادم.

البنية التحتية والقدرات العلمية

ثمة من لاحظ هذا التفاوت بين الأغنياء والفقراء. لقد لاحظته الفقراء وكان ذلك بأقصى درجة من القسوة وليس بفعل الطبيعة. ولمجرد أنهم لاحظوه، فهو لن يدوم طويلاً. لا يزال كل شيء آخر نعرفه في العالم مستمراً إلى العام 2000، لكن هذا الفارق لن يدوم. فعندما تصبح خدعة تحقيق الثراء مكشوفة، كما هي الحال الآن، لا يمكن للعالم أن يستمر بنصف من الأغنياء ونصف من الفقراء.

سي. بي. سنو، الثقافتان والثورة العلمية
(*The Two Cultures and the Scientific Revolution*)
(مطبعة جامعة كامبريدج، 1959)، ص 44.

قام "سي. بي. سنو" في مقالته الشهيرة "المجمعات والثورة العلمية" بتحليل المشكلات الناتجة عن انعدام التواصل بين العلماء وغير العلماء في السنوات الأولى بعد الحرب العالمية الثانية. وتقدم المقالة في جزء كبير منها تقييماً واقعياً للتوترات بين العلم والمجتمع. ورغم ذلك فقد كان "سنو" مخطئاً تماماً بشأن قدرة العلوم على سد الفجوة بين الأغنياء والفقراء¹. جاء العام 2000 وذهب، ويرى معظم المحللين أن الفجوة توسعت بدل أن تضيق. إضافة إلى ظهور فجوات جديدة، مثل الفجوة الرقمية.

يمكن أن يزيد العلم نمو هذه الفوارق بدل أن يقلصها. وكما يشير عالم الاقتصاد "جفري ساكس"، فإن البلدان التي حققت نتائج جيدة نسبياً في النصف الثاني من القرن العشرين سجلت أرقاماً أعلى في إنتاج الغذاء ومعدلات معرفة القراءة والكتابة وحققت انخفاضاً في وفيات الرضع ومعدلات الخصوبة الكلية². صحيح أن التقدم العلمي كان أساس كل هذه التطورات الإيجابية، لكن تأثير القومية العلمية جعل الوصول إلى هذه الإنجازات مقصوراً إلى حد كبير على قلة من المخطوظين.

تتجاوز الأكاديمية العالمية الخفية اليوم الحدود الوطنية، فهي تربط بين الباحثين من أطراف العالم الأربعة وتسمح لهم مراراً وتكراراً بتأليف فرق تضع المصالح العلمية فوق الولاء الوطني في تحديد مكان العمل وكيفيته. إن القومية العلمية تتراجع تراجعاً ثابتاً مع وجود الشبكات ذاتية التنظيم التي تتولى مهمات التنظيم والتنسيق التي اعتادت وزارات العلوم الوطنية على توليها. صحيح أن الدولة القومية ما زالت قائمة ولم تمت، وأنها تبقى جزءاً أساسياً من المشهد العلمي في القرن الحادي والعشرين، فما زال الناس يعيشون ضمن بلدان محاطة بحدود جغرافية، وما زالوا يعيشون تحت سيطرة حكومات ذات سيادة في أحسن الأحوال. تتحدد قدرة المواطنين العاديين على تقاسم منافع العلم إلى حد بعيد بالقدرة العلمية بلبلهم، وتستند هذه القدرة بدورها إلى توفر فرص الحصول على الوظائف الأساسية والخدمات اللازمة لدعم القدرات العلمية. يركز هذا الفصل على سؤالين اثنين آخذاً هذه العوامل بعين الاعتبار: ما هي القدرات العلمية؟ وما نوع البنية التحتية اللازمة لدعمها؟

القدرات العلمية: تسلق السلم

تشمل القدرات العلمية استيعاب المعرفة بالعالم الطبيعي وتطبيقها وإيجادها والاحتفاظ بها. وعموماً، فإن هذه المهام تمثل سلماً للتطور. فمثلاً، من الممكن استيعاب المعرفة دون القدرة على تطبيقها بسبب الافتقار إلى المهارات التخصصية، إذ قد تكون لدى العلماء معرفة بالفيروس عندما تضرب الحمى النزفية منطقة ما في أفريقيا للمرة الأولى، لكنهم لا يستطيعون التعامل مع تبعاته. وربما تطلب الأمر وجود فنيين حاصلين على تدريب خاص لمعالجة الناس وعزل الفيروس الخبيث، وخاصة إذا انطوى العلاج على مسائل ثقافية. لكن معرفة المعالجة قد لا تكون كافية وحدها في هذه الحالة. وللتغلب على هذه المشكلة، غالباً ما يستثمر واضعو السياسات في خدمات متخصصة لنقل المعرفة. فمزودو خدمة الأبحاث الزراعية في أوغندا، مثلاً، يعملون تحت مظلة "المنظمة الوطنية للأبحاث الزراعية" (NARO) في البلاد لمعالجة مشكلات محلية خاصة. ويمكن للمنتج المحلي أن يأتي إلى منظمة "نارو" لإجراء مشروع تعاون مع علمائها إضافة إلى علماء من البلدان المجاورة وباحثين دوليين بهدف تحقيق غايات من قبيل تحسين محاصيل الحبوب المحلية. وللتأكد من إمكانية

تطبيق المعرفة محلياً، تعمل المنظمة مع الشركة الوطنية الأوغندية للخدمات الاستشارية الزراعية (NAADS) على تدريب المزارعين الريفيين وتعليمهم تقنيات الزراعة الناتجة عن الأبحاث المنفذة في مركز النارو³.

من الممكن أيضاً استيعاب المعرفة العلمية وتطبيقها دون إيجادها. فإذا تحطمت ناقلة نفط على ساحل كندا، فإن عملية التنظيف تتطلب معرفة علمية بخصائص النفط والبيئات البحرية والحياة البرية في المنطقة. ويمكن استيعاب هذه المعرفة وتطبيقها محلياً استجابة للحالة الطارئة دون إيجاد المعرفة أو الاحتفاظ بها من أجل تطبيقات مستقبلية. ولعل الأمل الوحيد للمجتمع بعد تنظيف هذا التسرب النفطي هو ألا يحتاج إلى هذا النوع من المعرفة التخصصية مرة أخرى.

ما زال إيجاد المعرفة الجانب الأكثر تعقيداً بين جوانب القدرات العلمية، فهو يتطلب القدرة على تحديد الأسئلة والأساليب التجريبية اللازمة لتجاوز المعارف الموجودة. كما أن مستوى المعرفة اللازم لإجراء تجارب مبتكرة يزداد تفصيلاً وتعقيداً مع تطور مجال العلوم. وينطبق هذا انطباقاً خاصاً على المجالات التي تشمل اختصاص التسميد. فقد يستغرق الأمر ستة أشهر من أجل تعلم فيزياء علم المواد على نحو يكفي للقيام بتجربة بسيطة في إنشاء المواد⁴، وذلك كما يقول عالم كيمياء يعمل مع علماء الفيزياء على تكوين مواد جديدة متناهية في الصغر.

وأخيراً، فإن الجانب الأكثر تعقيداً وتطوراً في القدرات العلمية هو القدرة على الاحتفاظ بالمعرفة من أجل الوصول إليها واستخدامها في المستقبل. فإذا لم يكن العلماء قادرين على الاستفادة من الأعمال السابقة، فمن المستبعد أن يحققوا تقدماً كبيراً في فهم العالم الطبيعي. يقول "روبرت هوك" في مقدمته لـ "التجريب" عام 1666:

ما كان قليلاً في أي زمان عدد الناس الذين يجعلهم نكاؤهم وتركيبتهم يجدون المسرة في قصص الطبيعة ومسببات الأمور ثم المتابعة بعد ذلك من أجل الخروج بشيء ينفعهم وينفع البشر جميعاً. لكن مساعيهم ما كانت إلا فردية ونادراً ما كانت تعرف الوحدة أو التحسين أو تخضع لتنظيم علمي فانتهى بها المطاف إلى مجرد منتجات صغيرة قليلة الشأن تكاد لا يستحق ذكرها⁵.

فمن غير القدرة على الاحتفاظ بالمعرفة، سواء عبر مؤسسة أو عبر الأديبات العلمية أو قواعد البيانات، أو عن طريق فهم الأفراد وممارساتهم، لا يمكن أن يكون العلم مفيداً ولا يمكن تطويره إلى مجموعات معرفية قابلة للاستخدام.

قياس القدرات العلمية: إنشاء المؤشر

القدرات العلمية مفهوم معقد متعدد الوجوه يستعصي على القياس في أحد معانيه. ومع ذلك، يمكن الوصول على الأقل إلى معنى تقريبي لدرجة جاهزية البلد من أجل ولوج الأكاديمية العالمية الخفية أو المشاركة فيها وذلك بجمع البيانات عن مختلف المدخلات المتصلة بالقدرات العلمية وتوحيد هذه البيانات في مؤشر واحد⁶. يعتمد المؤشر الذي نعرضه هنا على ثمانية مؤشرات رئيسة: (1) الناتج المحلي الخام للفرد و(2) نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية و(3) عدد العلماء والمهندسين لكل مليون نسمة و(4) عدد المؤسسات البحثية لكل مليون نسمة و(5) الإنفاق على الأبحاث والتطوير كنسبة من الناتج المحلي الخام و(6) عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة و(7) عدد المقالات المنشورة في المجلات الدولية للعلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة و(8) الحصة النسبية للدراسات التي تم تأليفها ضمن تعاون دولي من قبل كل بلد في العام 2000. (انظر الملحق أ للحصول على تفاصيل إنشاء المؤشر).

يمكن تقسيم هذه المؤشرات إلى فئات ثلاث: "العوامل المساعدة" التي تساعد على إنتاج بيئة مواتية لاستيعاب المعرفة والاحتفاظ بها وإنتاجها ونشرها؛ و"الموارد" التي يمكن تخصيصها مباشرة لنشاطات العلوم والتكنولوجيا؛ و"المعرفة الكامنة" للعلوم والتكنولوجيا، بما فيها مدى ارتباط الباحثين بالمجتمع العلمي العالمي.

تتمثل العوامل المساعدة بالناتج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية، أو عدد الطلاب المتحققين بالتعليم العالي في الأقسام العلمية كنسبة من الفئة العمرية بين السكان بعد خمس سنوات أو أقل من إنهاء التعليم الثانوي⁷. يعطي المؤشر الأول قياساً مباشراً لسهولة العمل ضمن نظام وطني خاص أو يقدم معدل أو قيمة وسطية للمعلومات حول الطرق والكهرباء والنقل والاتصالات وما إلى ذلك. ويبين القياس الثاني مدى دعم الأمم للقوة العاملة المتعلمة ودرجة تقييمها لها وتوفيرها. ومن المستبعد أن تزني حتى الاستثمارات الكبرى في العلوم ثمارها إذا بقي سكان البلد في معظمهم غير مثقفين وبلا مهارات. لذلك فإن محاولة إنشاء مركز للأبحاث الطبية الحيوية، على سبيل المثال، في بلد تنفشى فيه الأمية يشبه محاولة زراعة البلوط في الصحراء. ومن

المستبعد في هذه الحالة أن تضرب المشروعات جذورها في المجتمع، فما بالك بازدهارها. ولتوليد معرفة من شأنها أن تعطي منافع اجتماعية، تحتاج المراكز الاجتماعية إلى ما هو أكثر من الفنيين المهرة وموظفي الدعم فقط؛ إنها في حاجة إلى إقامة روابط مع اقتصاد يتمتع بالقدرة على اكتساب تلك المعرفة وتطبيقها لتحقيق غايات مفيدة.

تنعكس الموارد المتاحة للعلوم والتكنولوجيا في عدد العلماء والمهندسين وعدد المؤسسات البحثية وحجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير. وتقيس هذه المؤشرات قدرة السكان على الانخراط في حل المسائل العلمية ومدى تمكن العلماء من استخدام المراكز البحثية والموارد المالية التي تخصصها الدولة للعلوم جملةً.

ويتمثل مخزون البلاد من المعرفة الكامنة - التي تطورت محلياً ويمكن وضع تصور للاستفادة منها واستخدامها في المستقبل - بعدد براءات الاختراع والمقالات المنشورة في مجالات العلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة. أما الحصة النسبية للبلد من الدراسات العالمية فتقيس قوة ارتباطه بالعالم الخارجي، إضافة إلى مدى عمل الباحثين الوطنيين على مستوى عالمي.

ولإنشاء المؤشر، نقوم بتوحيد كل من هذه المؤشرات ثم نجمعها للحصول على قياس واحد للقدرات العلمية. ثم نعطي الموارد التي تمثل المقاييس المباشرة للقدرات وزناً أكبر. بمرتين من وزن العوامل المساعدة والمعرفة الضمنية وقوة الارتباط. يبين الجدول 6-1 ترتيب 76 بلداً باستخدام هذه العملية.

ليس من المستغرب أن نرى الولايات المتحدة وكندا والسويد والبلدان الصناعية المتقدمة الأخرى، بلدان أوروبا على نحو أساسي، في صدارة اللائحة. والواقع أنه إذا لم يكن الأمر هكذا، فقد يوحي ذلك بخلل في إنشاء المؤشر. لكن الجدول يفاجئنا في بعض النقاط. فهناك على سبيل المثال بضعة من بلدان الكتلة السوفيتية سابقاً (سلوفينيا وإستونيا وجمهورية التشيك) بين الأمم ذات الكفاءات العلمية. بينما نجد بلداناً أخرى (هنغاريا وكرواتيا وليتوانيا وبولندا وبلغاريا) تأتي مباشرة قبل اثنين من البلدان الفقيرة هما كوبا والأردن. أما البرازيل وتركيا والمكسيك فتأتي جميعاً متأخرة عن أذربيجان. ويمكن أن يساعد تحليل المؤشر إلى مكوناته الرئيسية في تفسير هذه الحالات الشاذة الواضحة؛ نناقش هذه المسألة في الملحق أ.

الجدول 6-1. ترتيب ستة وسبعين بلداً باستخدام المعطل "الوزني"

البلدان المتقدمة	البلدان النامية	البلدان النامية (تتمة)
1 الولايات المتحدة	28 بيلاروسيا	56 موريشيوس
2 كندا	29 البرتغال	57 ماليزيا
3 السويد	30 سلوفاكيا	58 بوليفيا
4 فنلندا	31 هنغاريا	59 تونس
5 سويسرا	32 كرواتيا	60 البيرو
6 اليابان	33 ليتوانيا	61 بنغلادش
7 ألمانيا	34 بولندا	62 باكستان
8 الكيان في فلسطين المحتلة	35 بلغاريا	63 أوغندا
9 أستراليا	36 كوبا	64 تايلاند
10 الدانمارك	37 الأردن	65 الفلبين
11 المملكة المتحدة	38 الأرجنتين	66 مصر
12 النرويج	39 لاتفيا	67 الإكوادور
13 فرنسا	40 أذربيجان	
14 هولندا	41 تشيلي	البلدان المتأخرة
15 بلجيكا	42 مقدونيا	68 سورية
16 النمسا	43 رومانيا	69 السنغال
البلدان ذات الكفاءات	44 جنوب أفريقيا	70 نيكاراغوا
17 سنغافورة	45 كازاخستان	71 إندونيسية
18 جمهورية كوريا	46 ملدوفا	72 سريلانكا
19 نيوزيلندا	47 الصين	73 تونغو
20 إيرلندا	48 الكويت	74 جمهورية أفريقية الوسطى
21 روسيا	49 كوستاريكا	75 نيجيريا
22 سلوفينيا	50 البرازيل	76 بوركينا فاسو
23 إيطاليا	51 إيران	
24 إسبانيا	52 تركيا	
25 إستونيا	53 المكسيك	
26 اليونان	54 أرمينية	
27 جمهورية التشيك	55 الهند	

ومن المهم التأكيد أن هذا المؤشر لا يقيس القدرات العلمية بالمعنى المطلق، بل يبين فقط الترتيب النسبي للبلدان استناداً إلى هذه المؤشرات. فضلاً عن ذلك، فإن القيود المفروضة على توفر البيانات في بعض البلاد تحد من عدد البلدان المستخدم في حساب قيمة أي مؤشر إجمالي. ومع ذلك، يمكن لوضعي السياسات أن يشرعوا بمهمة حصر القدرات العلمية في بلادهم بتكييف المنهجية الكائنة خلف هذا المؤشر.

إيصال فيتنام إلى الأكاديمية العالمية الخفية

بدأت هذه الجهود في عام 2000 على يد "تران نغوك كا" نائب مدير "المعهد الفيتنامي الوطني للسياسات والاستراتيجيات في العلوم والتكنولوجيا" (NISTPASS)، وهو قسم مستقل أنشئ ضمن وزارة العلوم والتكنولوجيا (MOST)، وذلك عندما قام بعملية لحصر قدرات فيتنام في العلوم والتكنولوجيا. وكانت هذه نقطة البداية نحو وضع خطة طويلة الأجل لجعل فيتنام جزءاً من مجتمع البلدان العلمية المتقدمة. وأصبح المسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجيا مقتنعين بأن البلاد في حاجة إلى تعزيز العلوم والتكنولوجيا بفاعلية أكبر لمكافحة الفقر الاقتصادي والحرمان الاجتماعي. وتبعاً لذلك، كانت البلاد في حاجة إلى استراتيجية صاعدة (من القاعدة إلى القمة) لبناء القدرات العلمية من أجل اقتصاد قائم على المعرفة. وكان ذلك هو التحدي الذي واجه "كا".

عالم جديد شجاع

بدأت معظم سلطات وزارة العلوم والتكنولوجيا سعيها لبناء القدرات العلمية في عالم مختلف جداً عما وصفه "فانيفار بوش" في دراسته ما بعد الحرب العالمية الثانية بعنوان: العلوم والحدود التي لا نهاية لها⁸. فأنشاء حقبة القومية العلمية في القرن العشرين، أنشئت هيئات حكومية كبرى في العالم المتقدم لإدارة العلوم والتكنولوجيا ولرعاية الإبداع على المستوى الوطني. وقامت الدول المتقدمة علمياً بوضع أنظمة ومعايير قياسية وتأمين التمويل وبناء مؤسسات لرعاية منافع العلوم وتحقيقها. لكن فيتنام لم تكن تأمل بإنشاء مثل هذا النظام، نظراً لقلّة ذات اليد

وللزيادة الهائلة في البحوث في أنحاء العالم. أدرك المسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجيا أن فيتنام لا تستطيع الاستثمار في جميع مجالات العلوم، ولا يمكنها بناء جميع المؤسسات اللازمة لتطوير القدرات العلمية. وحتى يكتب النجاح لاستراتيجية فيتنام للعلوم، ينبغي لها أن تنشئ نظاماً ذا تركيز دولي. وقد ينطوي ذلك على تغيير كبير لدولة عانت أهوال الحرب عقوداً ثم تلاها تخطيط مركزي وحقبة من الانعزال النسبي عن العالم.

لم يكن "كا" بحاجة إلى الاقتناع بحكمة هذا الأسلوب، وهو الحاصل على دكتوراه في تخطيط العلوم والتكنولوجيا في جامعة إدنبرغ. لقد منحته دراساته، مع زيارته إلى أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان، فكرة عميقة عن ديناميات الاقتصاد القائم على المعرفة والحاجة إلى إنشاء نظام تكيفي مرن ذي تطلعات خارجية. يوضح "كا" قائلاً: "إننا نجري نقاشاً في فيتنام. فاختيار الاستثمار غير الصحيح يعدّ مضيقاً للوقت والمال. لكن ما هو الاستثمار الصحيح؟ إن الإجابة تُراوح جيئة وذهاباً بين الاستثمار في البنية التحتية والاستثمار في البشر. لكنني نظرت إلى المسألة على نحو مختلف. بالنسبة لي فإن الانعزال واحد من أكبر المشكلات التي تواجهها. نحن بحاجة إلى تعزيز انفتاحنا الدولي"⁹.

إجراء عملية حصر للقدرات

بدأ "كا" مهمته بدراسة العوامل المساعدة التي تدعم القدرات في العلوم والتكنولوجيا. لم تكن الصورة الأولية مشرقة جداً. فقد كان الناتج المحلي الخام للفرد منخفضاً جداً في فيتنام، فكان تربيته 156 بين معدلات جميع البلدان في عام 2002. كذلك كانت النسبة الإجمالية للالتحاق بالدراسات الجامعية العليا عبر جميع التخصصات عند 10 بالمئة فقط وفقاً لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (UNESCO). لكن "كا" تشجع بحقيقة أن فيتنام كانت تزيد استثمارها في التعليم¹⁰.

وعندما حول "كا" انتباهه إلى الموارد التي يمكن تخصيصها للعلوم والتكنولوجيا، أصبح واضحاً أنه على الرغم من أن فيتنام لم تستثمر الكثير في القدرات العلمية، إلا أن البلاد لم تكن تبدأ من الصفر. فقد كانت فيتنام في بداية العقد الأول من القرن العشرين موطن عدد من الموظفين الحاصلين على تدريب فني

يزيد على العدد المتوقع في بلد من حجمها ومستوى تنميتها الاقتصادية. لقد كان عدد العلماء والمهندسين في البلاد لكل مليون نسمة قريباً من المتوسط الدولي. وبالمثل، كان عدد المؤسسات البحثية في فيتنام، نسبة إلى عدد سكانها، يقارب المعدل المسجل في البلدان النامية صناعياً. لكن فيتنام، مقارنة بنظيراتها، كانت متأخرة في نسبة الناتج المحلي الخام المخصصة للعلوم والتكنولوجيا، وهي المقياس الأكثر شيوعاً للاستثمار المباشر في العلوم والتكنولوجيا، كما كانت تخصص نسبة صغيرة جداً من موازنتها الوطنية للعلوم والتكنولوجيا (جاء معظم التمويل من الجهات المانحة). وقد أحرزت البلاد أخيراً بعض التقدم في هذا المجال، لكن المطالب المحلية الملحة صعبت عملية زيادة الاستثمار في التطوير والتكنولوجيا.

ومع ذلك، عندما درس "كا" مخزون فيتنام من المعرفة الكامنة، وجد أن إنجازات البلاد العلمية تجاوزت التوقعات التي تتماشى مع حجم اقتصادها. ففي عام 2002، نشر الباحثون المقيمون في فيتنام رقماً قريباً من 400 دراسة في مجالات معروفة دولياً للعلوم والتكنولوجيا. وكان أداء البلاد قوياً على نحو خاص في الرياضيات، التي تسمى غالباً "لغة العلم" وترتبط ارتباطاً وثيقاً بمجال علوم الكمبيوتر. إضافة إلى أن البلد كان يتمتع بنقاط قوة في علوم المواد، بما فيها تطوير "البوليميرات" والبنىات متناهية الصغر.

أدرك "كا" أيضاً أن أنواع المعرفة الكامنة التي يتم تدوينها بطريقة أقل رسمية، وحتى التي لا يتم تدوينها، يمكن أن تؤدي دوراً لا يقل أهمية في تحديد استراتيجية البلاد في العلوم. وهو يوضح ذلك قائلاً: "القدرات الحقيقية كامنة في البشر، ونطلق عليها أحياناً تسميات أخرى، لكنها تستثمر في البشر ضمن الشركات والجامعات. إنها تتمثل في *التعلم*، وبممكنك رؤية طرق مختلفة للتعلم: التعلم بالعمل والتعلم بالتدريب الرسمي والتعلم عبر التفاعل"¹¹. ربما استطاع التعلم والمعرفة أن يمنح فيتنام قدرة على ابتكار معرفة جديدة وجذب اهتمام الباحثين العاملين خارج البلاد.

عرف "كا" مثلاً أن مربّي القريدس (الريبان) على الساحل يملكون قدراً كبيراً من الخبرة في إدارة المشكلات المتصلة بتربية الأحياء المائية. ويمكن أن نكرر القول ذاته عن مزارعي الفاكهة في دلتا نهر الميكونغ. لكن لأن هذه المجموعات لم

تكن مرتبطة دائماً بالمؤسسات البحثية، فلم يكن من المرجح أن تعطي معرفتها الخاصة بالظروف المحلية تغذية راجعة في عملية الأبحاث. لذلك استلزم الأمر تصميم سياسات تهدف إلى تحصيل هذه المعرفة الكامنة، وجعلها متاحة للباحثين، وتوفير التغذية الراجعة بالنتائج لأولئك العاملين في المجال، والحصول على تغذيتهم الراجعة مرة أخرى. وهذا يعني جزئياً الاستثمار في البرمجيات الجديدة وقواعد البيانات والمختبرات إضافة إلى تدريب الطلاب المتفوقين خارج البلاد. كذلك فقد شجع واضعو السياسات في فيتنام إنشاء روابط مع مراكز الأبحاث الزراعية الدولية، مثل المراكز التي ترعاها "المجموعة الاستشارية للأبحاث الزراعية الدولية" (وهي مجموعة حكومية دولية يرعاها البنك الدولي). وكان من شأن هذه الروابط أن وفرت إمكانية للحصول على معلومات مهمة عن المعايير الفنية التي كانت ضرورية لتطوير الأبحاث المحلية. كما قام واضعو السياسات بالاستفادة من فرص التعاون المحلي التي وفرتها "ملتقى التعاون الاقتصادي في آسيا والمحيط الهادئ" (APEC). ويوجد اليوم، مثلاً، تعاون بين فيتنام واليابان في الجهود المبذولة لاختبار جودة المنتجات المحلية.

إن هذا المثال الأخير يسلط الضوء على أهمية الروابط في سياسات العلوم في فيتنام. وربما يظهر التحدي الأكبر عبر السؤال المتعلق بكيفية ربط البلاد بالمجتمع العالمي الكبير. يقول "كا": "المشكلة الكبرى التي تواجهنا هي في الاتصال بالعالم الخارجي. لدينا علماء جيدون هنا، وهم محدّون في عملهم، لكنهم غالباً غير معروفين في العالم الكبير لأن الجزء الأكبر من عملهم ومن نشر مؤلفاتهم يتم في فيتنام. علينا أن نساعد علماءنا على تعزيز ثقتهم وروابطهم على المستوى العالمي". ربما لم تتضح المشكلة على الفور من نظرة خاطفة على قياسات ارتباط البلد بشبكات العلوم العالمية. فقد تفوقت فيتنام على دول أخرى في قياسات مثل الحصة النسبية للدراسات العالمية الناشئة في كل بلد، وحققت معدلاً مرتفعاً جداً في التعاون الدولي بنسبة تزيد على 70 بالمئة من جميع الأعمال التي تم تأليفها بمشاركة علماء من بلدان أخرى. لكن ذلك صحيح لدى معظم البلدان الصغيرة لأنها لا تستطيع أن توفر المجموعة الكاملة من الموارد التي يحتاجها العلماء المحليون. وتطرح هذه الحقائق سؤالين اثنين: هل يدل التعاون على الروابط أم على التبعية؟ وهل

تساعد الموارد التي يتم تقاسمها على المستوى العالمي على بناء القدرات في البلد الأم؟ إذ يتم أحياناً إقامة الروابط مع المجتمع العلمي الدولي على حساب الروابط المحلية، وخاصة في حال غياب أجزاء أخرى من البنية التحتية العلمية أو ضعفها. وينبغي أيضاً ربط نقاط القوة العلمية بالتطبيقات المحلية حتى تكون مستدامة عبر الزمن.

وللتشجيع على زيادة التفاعل وعلى تحقيق تفاعل أكثر إنتاجية أيضاً، قرر المسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجيا ترك العلماء يتولون زمام الأمور في ما يتصل بتحديد فرص التعاون الدولي. فأنشأت الوزارة غرفة محادثة عبر الإنترنت تضم العلماء في نقاشات حقيقة حول "التحدّب" (convexity) والرتابة (monotonicity) (وهما سمتان مهمتان في بعض الوظائف الرياضية)، ويمكن لأي شخص مهتم أن ينضم إلى هذا المنتدى المفتوح. وهكذا تم ربط كبار العلماء والطلاب في بلدان أخرى ممن عملوا معاً وكانت لهم روابط مع علماء في بلدان أخرى، ولكثير منهم جذور في فيتنام. يوضح "كا" قائلاً: "يمكننا بهذه الطريقة أن ننظم مجموعات فرعية تركز على إجراء مناقشة مكثفة لموضوع محدد، وعندما يصلون إلى نقطة يصبحون فيها راغبين في الاجتماع وجهاً لوجه، يمكنهم طلب التمويل مع بيان تاريخ التفاعل بينهم". وسرعان ما آتت هذه الاستراتيجية ثمارها: فاستضافت فيتنام مؤتمراً عالمياً حول "التحدّب" و"الرتابة" في عام 2002¹² استناداً إلى الروابط التي قامت عبر الإنترنت.

تحديد الأولويات

لم تكن هذه التحركات الإيجابية لتحديد القدرات العلمية ثم بنائها سوى جزء واحد من استراتيجية فيتنام. فقد سعى المديرون ضمن وزارة العلوم والتكنولوجيا إلى تحديد مجالات الاستثمار ذات الأولوية. وتمكنت الوزارة من تنفيذ هذه المهمة بعدة طرق. إن بعض الدول، مثل الولايات المتحدة، عملت على تحديد الأولويات باستخدام عملية سياسية تركز على مهمات عامة في الدفاع والطاقة والفضاء والصحة كموجه للاستثمار، يلاحظ أن التشريعات في الولايات المتحدة تؤثر في هذه العملية تأثيراً كبيراً.

وفي اليابان، يتم تحديد الأولويات في مجالات العلوم عبر عملية مسح توافقي تجريها الوزارة المكلفة بدعم العلوم والتكنولوجيا. ويتم في هذه العملية

جمع الآراء والملاحظات من مئات الباحثين ومديري الأبحاث في العلوم أو التكنولوجيات التي يمكن أن تساعد في تلبية الاحتياجات الاجتماعية المهمة¹³. وبعد جمع الآراء من مصادر متعددة ثم ترتيبها، تستخدم هذه المعلومات موجهاً لوضع موازنة العلوم العامة؛ وتأتي النتائج إلى حد بعيد في صالح العلوم التي تدعم الصناعة.

أما في أوروبا، فإن مجموعات من الخبراء والمواطنين تلتقي لمناقشة الاحتياجات الاجتماعية والفرص العلمية والفنية والموارد المتاحة في عملية تعرف بـ "فورسايت" (Foresight) أو "البصيرة". وتحدد نتائج هذه المداولات عمليات اتخاذ القرار بشأن الموازنات على المستويين الوطني والقاري. ورغم أن تأثير فرق "البصيرة" يختلف عبر البلدان، إلا أنها تمثل سمة مشتركة في عملية تحديد الأولويات العلمية في أوروبا. كذلك غالباً ما تكون لديها أجندة اجتماعية.

بدلاً من اعتماد أي من هذه الأساليب، اختار مسؤولو وزارة العلوم والتكنولوجيا التركيز على تحديد نقاط القوة الموجودة في فيتنام وربطها بالاحتياجات والقدرات المحلية ومن ثم البناء انطلاقاً من تلك النقطة. وأدركت الوزارة أنها يجب أن تكون انتقائية في هذه العملية وأن تقوم بما كان مناسباً في السياق الفيتنامي. ووفقاً لـ "كا"، فقد كانت فكرة التركيز التي وجهت جهودهم تقول: "لا تنشر الموارد بنسبة ضئيلة، كن مستعداً لتحمل المخاطرة في استثمار كبير في مجال يملك فيه بلدك إمكانيات وله فيه احتياجات". ينبغي أن تتم هذه الاستثمارات على نحو يساعد المؤسسات المحلية على التعلم من عملية مواجهة تحدٍّ ذي أهمية محلية. ويجب أيضاً أن تدمج كلاً من قدرات الاستثمار المحلي وروابطها بالإمكانيات التي يقدمها الشركاء الإقليميون أو العالميون.

حدد ممثلو وزارة العلوم والتكنولوجيا نقاط القوة العامة في فيتنام، وهي ثقافة تقدر المعرفة والتعليم، مع عدد كبير من العمالة منخفضة التكاليف، إضافة إلى توافر حسن النية في العالم الخارجي، وهذا ليس مستحيلاً لكثرة الفيتناميين المغتربين الذين تدربوا كعلماء وباحثين في بلدان أخرى. ووجدت الوزارة كذلك أن العلماء الفيتناميين على ما يبدو ناجحون نجاحاً خاصاً في مجالات محددة. وكانت مقالات الباحثين الفيتناميين حول الأمراض المعدية قد ذكرت بوجه خاص على نطاق أوسع

من المقالات التي نشرت في مجالات أخرى. وتقدم فيتنام، فضلاً عن ذلك، فرصاً كثيرة للباحثين المحليين والدوليين من أجل دراسة أمراض مثل الجذام وأنفلونزا الطيور ومتلازمة الالتهاب الرئوي الحاد (سارس) والحمى النزيفية المعدية عند الأطفال. كما برزت بين الموضوعات الأخرى دراسة السلالات المقاومة من البكتيريا أو الفيروسات التي كانت مدعاة للقلق وسبباً لإجراء البحوث. وبالنتيجة، اختارت الوزارة التكنولوجيا الحيوية لتكون أحد المجالات التي تركز عليها جهود فيتنام العلمية في القرن الحادي والعشرين.

بناء البنية التحتية العلمية

وكما يبين مثال فيتنام، فإن المخزون الأساسي من الوظائف الأساسية (الملخصة في الجدول 6-2) الذي يسهم في القدرات العلمية يمكن أن يكون نقطة انطلاق قوية لصياغة استراتيجية العلوم الوطنية. لكن إذا أريد لهذه الاستراتيجية أن تحقق النجاح، فينبغي على واضعي السياسات أن ينظروا إلى أبعد من مجرد تمويل العلوم. إذ يجب أن يشمل التركيز الوظائف والخدمات التي تدعم الأبحاث العلمية والتطور التكنولوجي، وعليهم أن يوسعوا تركيزهم ليشمل البنية التحتية التي تدعم القدرات العلمية. ومن دون هذا القلب الأساسي، فسوف يحكم بالفشل على محاولات بناء القدرات العلمية بالتركيز على الأبحاث والتطوير، إذ لا يمكن أن تستمر نشاطات إبداع المعرفة من غير وجود الخدمات ووظائف الخدمات المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا.

لكن المشجع في الأمر هو أنه على الرغم من أن بناء البنية التحتية للعلوم والتكنولوجيا كان يتم عادة على المستوى الوطني، إلا أن ذلك لم يعد ضرورياً. ولم يعد لزاماً على كل بلد أن يؤدي بنفسه كل وظيفة في نظام الدعم لديه. لقد أصبح ممكناً شراء بعض المكونات أو استعارتها من أماكن أخرى، مثل وضع المعايير والتحقق من المعرفة. وربما أمكن تقديم هذه الخدمات على المستوى الإقليمي أو الدولي عبر مؤسسات غير حكومية أو مؤسسات حكومية دولية. يعد فهم هذه المكونات الأساسية الخطوة الأولى نحو إقامة البنية التحتية التي تدعم نظام العلوم والتكنولوجيا.

عناصر البنية التحتية للعلوم والتكنولوجيا والهندسة

الجدول 6-2. وظائف القدرات العلمية

مكون البنية التحتية أو وظيفتها	المكون القانوني	الجمال القياسي في البلدان ذات القدرات العلمية والفنية المتقدمة
المختبرات العلمية والفنية		مؤسسات إلى تسع مؤسسات لكل 100000 نسمة.
المعدات المخبرية		يتطلب تمويل الأبحاث والتطوير زيادة بنسبة 20 بالمئة في الإنفاق على المعدات.
المساحة المخصصة للمختبرات		يخصص ما بين 250 إلى 1000 قدم مربع من أجل كل واحد من موظفي المختبرات
الإنفاق العام على الأبحاث		يبلغ الإنفاق الإجمالي على الأبحاث والتطوير 60 مليون دولار لكل 100000 نسمة.
حصة الحكومة من الأبحاث الأكاديمية		تمول الحكومة نسبة 60 إلى 70 بالمئة من الأبحاث القائمة على الجامعات.
حصة الحكومة من أبحاث الشركات		تمول الحكومة أكثر من 6 بالمئة من الأبحاث القائمة على الشركات
إسهام الصناعة في الأبحاث الأكاديمية		تمول الصناعة نحو 6 بالمئة من الأبحاث الأكاديمية
خدمات المعايير والاختبارات والقياس		تنفق الحكومات 50000 مليون دولار لكل 100000 نسمة على خدمات التوسيع.
خدمات التوسيع ونقل التكنولوجيا وجمع المعلومات		تسهم الحكومات بقيمة قريبة من 200000 دولار لكل 100000 نسمة على خدمات التوسيع.
لم تكن الروايز ملائمة للبيانات المتاحة من أجل مكونات البنية التحتية التالية.		
حماية الملكية الثقافية	تقدم الحكومة الإطار القانوني؛ يتولى القطاع العام منح حقوق الملكية الفكرية والدفاع عنها أمام القضاء وغالباً ما تكون مكاتب براءات الاختراع ممولة ذاتياً.	تميل الشركات في كثير من البلدان إلى تسجيل براءات الاختراع في الولايات المتحدة أو أوروبا أو اليابان أو جميعها لتأمين حماية واسعة في السوق.
التعليم والتدريب المهني	تتولى الحكومة (الوطنية والإقليمية والمحلية) والقطاع الخاص توفير فرص التدريب؛ ثمة تفاوت كبير في حجم الإنفاق ومن الصعب وضع تقدير له.	عادة ما تكون الحكومة على درجة عالية من الالتزام بالتدريب المهني والفني.
الخدمات التنظيمية والامتثال للقوانين	تتولى الحكومة (الوطنية والإقليمية والمحلية) وضع القوانين وتقديم خدمات الامتثال لها؛ وتقدم الشركات أيضاً خدمات الامتثال للقوانين؛ ومن الصعب وضع تقدير لحجم الإنفاق.	لدى بلدان مختلفة مزيج شديد الاختلاف من الأنظمة والخدمات؛ وهناك اختلاف واضح في الجهة المسؤولة عنها (القطاع العام أو الخاص) بين البلدان.

المصدر: صلبات المؤلف المستندة إلى بيانات من منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية وبيانات حكومية أخرى.

أ. الإنفاق الإجمالي على الأبحاث والتطوير مقدر بدولار أمريكي في عام 2005. التعريف مأخوذ من منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية.

عادة ما يعرف هذا النوع من البنية التحتية بأنه المنشأة المادية أو الخدمات الأساسية التي تسهم في الحفاظ على نظام العلوم والتكنولوجيا. أما المكونات الأساسية للبنية التحتية العلمية فهي: (1) المختبرات والأجهزة و(2) خدمات المعايير والاختبار والقياس، بما فيها الخدمات التنظيمية والامثال للقوانين و(3) خدمات التوسيع ونقل المعرفة وجمع المعلومات و(4) حماية الملكية الفكرية. ويمكن إيجاد وظائف دعم مشاهة في جميع البلدان المتقدمة علمياً، بالرغم من أنها قد تتوافر من مزيج مختلف من مؤسسات القطاع العام والخاص والأكاديمي من بلد إلى آخر. ففي أمريكا الشمالية، على سبيل المثال، يتولى القطاع العام تقديم معظم التمويل للأبحاث. ومع ذلك، نرى أن القطاع الخاص في اليابان يمول معظم الأبحاث. وبالمثل، فإن القطاعين العام والخاص يلعبان أدواراً مختلفة في صياغة المعايير وإنفاذها في أوروبا والولايات المتحدة. ويظهر هذا التنوع في الأساليب التباين الكبير في الظروف الأولية لنشوء المؤسسات العلمية عبر الزمن. ومع تطور النظم الوطنية، يتخذ كل منها مجموعة مختلفة من الخصائص، وهي بالمناسبة دليل على أن مكونات النظام التكيفي المعقد يمكن أن تنتظم وتمتزع بطرق عديدة مختلفة. ولست أحاول هنا عرض مسألة ما إذا كان أي نظام يتمتع بخصائص تميزه عن غيره، بل أركز على النشاطات والوظائف التي تشترك فيها جميع نظم العمل. وأسعى أيضاً إلى إنتاج إحساس بحجم هذه الوظائف وتنظيمها ضمن البلدان المتقدمة علمياً.

المؤسسات العلمية والفنية

تمثل هذه المؤسسات العمود الفقري في أي بنية تحتية علمية. وتنظر كثير من البلدان إلى الاستثمار في المختبرات والأجهزة (والتي تقع عادة في الجامعات أو في مراكز بحثية مستقلة) كجزء حاسم من استراتيجيتها العلمية. فضلاً عن ذلك، ولأن هذه المؤسسات عادة ما تكون مبنية من الطوب والملاط، فإن تحديد أسهل من تحديد الأصول غير الملموسة مثل مهارات الأفراد وخبراتهم. كذلك فإنه من الأسهل أن نحصى المواد الأكثر وضوحاً، وهذا يعني توافر بيانات عن المؤسسات والأجهزة العلمية والفنية أكثر مما هو متوافر عن أي عنصر آخر من البنية التحتية. مثلاً، تبين بيانات مأخوذة من البنك الدولي أن معدل المؤسسات العلمية أو الفنية

في البلدان المتقدمة علمياً يبلغ ثلاثة لكل 100000 نسمة¹⁴، وفقاً لإحصائيات أخذت من معدل وسطي بين ستين دولة متقدمة علمياً. وتمتد هذه المؤسسات ضمن الولايات المتحدة على مساحة إجمالية تزيد على 100 مليون قدم مربع استناداً إلى بيانات جمعت من قبل مؤسسة العلوم الوطنية¹⁵. وتبلغ المساحة المخصصة لكبار الباحثين (الباحثين الرئيسيين في برامج منح مموله) أكثر من 2000 قدم مربع وسطياً لكل منهم من المساحة الكلية المخصصة لإجراء الأبحاث، وذلك مقارنة بمساحة تزيد على 200 قدم مربع من أجل كل شخص يعمل تحت إشرافهم¹⁶.

وتمول الحكومة نسبة كبيرة من تكاليف المنشآت والأجهزة في هذه المؤسسات. ففي عام 2000، أسهمت حكومة الولايات المتحدة بنسبة قاربت 10 بالمئة من تكاليف الإنشاء الكلية للمختبرات البحثية الأكاديمية، حتى أثناء تغطية التكاليف الرأسمالية لمختبراتها¹⁷. فضلاً عن ذلك، غالباً ما كانت الحكومة تغطي تكاليف الأجهزة المتخصصة التي يحتاجها الباحثون، فكانت تقدم التمويل على أساس كل حالة. وتشير تقديرات "مؤسسة العلوم الوطنية" إلى أن الحكومة الفدرالية غطت تكاليف نحو 60 بالمئة من الإنفاق الإجمالي على المعدات البحثية الأكاديمية في عام 2000¹⁸.

ويبدو عموماً أن البلد المتقدم علمياً يخصص وسطياً نسبة تزيد على 2 بالمئة من ناتجه المحلي الخام للأبحاث والتطوير. وعادة ما تنال هذه الأموال ثلاثة قطاعات تنتشر عبرها، وهي المختبرات الحكومية والمختبرات الصناعية والمختبرات الأكاديمية. فقد بلغ الإنفاق العام على البنية التحتية العلمية والتكنولوجية في الولايات المتحدة، وفقاً لدراسة من المجلس الأمريكي للعلوم الوطنية، نسبة 20 بالمئة من إجمالي الإنفاق على الأبحاث والتطوير منذ عام 2002¹⁹. وبالمثل، فإن مؤسسة العلوم الوطنية تخصص أكثر من 20 بالمئة من موازنتها للبنية التحتية. وبذلك فمن الممكن القول كقاعدة عامة إن 20 سنتاً من كل دولار مخصص للأبحاث يذهب لتمويل المعدات والمنشآت المادية²⁰. ويمكن أن يكون هذا الرقم بمنزلة موجه تقريبي لوضعي السياسات الساعين إلى تحديد حجم المال الذي ينبغي تخصيصه لتمويل العلوم والتكنولوجيا.

المعايير والاختبارات والقياس

إن هذه الوظائف غاية في الأهمية للاقتصاديات الصناعية المتقدمة²¹. ف نطاق هذه النشاطات واسع وكذلك مداها، كما أن المنافع العائدة على الاقتصاديات واسعة النطاق بدورها. وباستخدام خدمات المعايير والاختبارات والقياس، وغالباً ما يقدمها طرف ثالث محايد، يمكن للشركات طمأننة العملاء إلى أن منتجاتها تحقق المعايير من حيث الجودة أو قابلية التشغيل البيني (interoperability) أو الوظيفية (functionality). ففي العلوم، مثلاً، ينبغي أن تحقق المواد الكيميائية والأجهزة المجهرية المعايير المحددة بالضبط حتى تؤدي وظيفتها وفقاً لاحتياجات البحث العلمي.

تختلف مسؤولية وضع المعايير العلمية وإنفاذها عبر البلدان والمجالات. تكون بعض الحكومات طرفاً مباشراً في وضع المعايير من أجل كل من القطاعين العام والخاص؛ بينما تتنحى حكومات أخرى عن مهمة وضع المعايير في القطاع الخاص لتتخلى فقط في تحديد المواصفات الخاصة بها. ونرى في كثير من الحالات أن الحكومات تقبل المعايير الخاصة في نظامها العام، والواقع أن المعايير توضع أحياناً في السوق أو عبر الممارسة. وتوضع في حالات أخرى بموجب القانون من قبل مجموعة من صناع القرار. وعادة ما تشمل هذه الهيئات المسؤولة عن وضع المعايير، التي غالباً ما تكون ذات طابع دولي، أفراداً يمثلون كلاً من الجهات العامة والخاصة. منها، على سبيل المثال، قسم الفيزياء الكمية في "المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا" التابع لحكومة الولايات المتحدة (NIST)، وهو إحدى الجهات التابعة لوزارة التجارة الأمريكية، الذي يعمل مع لجنة من المستشارين على قياسات أساسية شديدة الدقة وتحليلات نظرية باستخدام الفيزياء الكمية والبصريات الكمية والفيزياء الكيميائية وفيزياء الجاذبية والقياسات الجيوفيزيائية²². وهذا يشمل، مثلاً، تطوير الليزر كأداة للقياس الدقيق. ويجري تبادل المعايير الفنية مع أي جهة بحثية مهتمة بهذه الأدوات، سواء كانت هذه الجهة أجنبية أو محلية.

تُعطى مؤسسة واحدة على الأقل في جميع البلدان المتقدمة علمياً مسؤولية علم القياس القانوني، وهو تنظيم الأوزان والقياسات. وعادة ما تكون هذه المؤسسة معهداً وطنياً للقياس. فضلاً عن ذلك، ثمة مؤسسات معتمدة تؤدي دوراً مهماً في

هذه الاقتصاديات. وتقدم هذه الهيئات، مثل "مختبرات أندرايرتز" (Underwriters'), (Laboratories)، ضمانات لتأمين الجودة من طرف آخر لقاء رسوم. وتشمل الخدمات المقدمة المعايير والاختبار ومنح الشهادات والفحص والتحقق. وغالباً ما يتولى القطاع الخاص إنشاء هذه المجموعات وتشغيلها، بالرغم من وجود عدد من الهيئات الدولية التي تساعد على ضمان اتساق إجراءات اعتمادية المعايير. وهي متاحة لأي مستخدم مهما يكن أصله القومي.²³

خدمات توسيع البحث ونقل المعرفة وجمع المعلومات

ترعى بلدان كثيرة خدمات توسيع ونقل التكنولوجيا لمساعدة الأبحاث والتطوير والاختبارات والتقييم. ويبلغ حجم استثمار البلدان المتقدمة علمياً رقماً قريباً من دولارين للفرد وسطياً على خدمات التوسيع²⁴. ويمكن أن تتخذ هذه النشاطات شكل "متاجر للعلوم"، مثل النشاطات التي تمولها حكومة هولندا التي تقوم بنقل المعرفة من الجامعات إلى قطاع الصناعة. ولدى حكومة اليابان شبكة من مراكز "كوسيتسوشي" الهندسية في كافة أنحاء البلاد لمساعدة قطاع الصناعة بالتطبيقات العلمية والتكنولوجية والتكييف الهندسي²⁵. وتدعم بلدان كثيرة مجتمعات العلوم والتكنولوجيا فتقدم لها الأرض بكلفة منخفضة وتمنحها القروض لإنشاء المباني فضلاً عن الإعفاءات الضريبية للشركات التي تؤسس أعمالاً قائمة على النمو ضمن هذه المراكز. وتشمل الخدمات الأخرى المقدمة حاضنات أعمال تدعم المشروعات الناشئة (start-ups) الصغيرة القائمة على التكنولوجيا في روسيا²⁶.

كذلك تقوم الحكومات بجمع المعلومات الفنية عن قدرات المراكز البحثية الأجنبية وتتيحها لمن يحتاجها²⁷. وربما كان هذا النوع من جمع المعلومات الاستخباراتية ذا قيمة عظيمة بالنسبة للمستخدمين. وتتفاوت هذه الخدمات تفاوتاً واسعاً في حجمها وعمق المعلومات التي تقدمها. وربما كانت خدمات "الهيئة اليابانية للعلوم والتكنولوجيا" هي الأكثر تطوراً في هذا المجال. فهذه الهيئة تجمع المعلومات الفنية من العالم كله لاستخدامها في اليابان وتقوم بتحليلها ونشرها. وتناسب خدمات التوسيع في عدد من الحالات هيئات وضع المعايير أو التأمين

للتأكد من أن الصناعات المحلية تعرف أن منتجاتها مطابقة لمعايير السوق وأنها تستطيع الإقرار بذلك.

حملة الملكية الفكرية

إن السؤال عن الجهة التي يمكن أن تمتلك نتائج البحث العلمي والتحكم بها يثير جدلاً كبيراً، وقد أثار حتى الآن العديد من النزاعات القانونية والإدارية والتجارية²⁸. ورغم أن فكرة المعرفة كملكية ليست فكرة جديدة، فقد نشأت مع نشوء العلوم الحديثة، إلا أن مجال الأبحاث، إضافة إلى طبيعتها المتغيرة وهيكلتها، كشف النقاش في التشريع القانوني لهذه الفكرة. وهذا صحيح بوجه خاص في ما يتصل بالمنتجات البيولوجية ومنتجات التكنولوجيا الحيوية. فقد قامت بعض الشركات الأجنبية، على سبيل المثال، بتسجيل براءات الاختراع واستغلال منتجات طبيعية أصلية من البلاد لتحقيق الأرباح، مثل زيت شجرة الشاي الهندية. وليس من المستغرب أن تتأثر الحكومات بادعاءات تقول إن براءات الاختراع هذه ليست ملائمة²⁹. وبالمثل، فقد أدى منح براءات الاختراع لمواد بيولوجية وهمية ومستنسخة إلى إثارة جدل كبير وغضب دولي.

ظهرت براءات الاختراع في الأصل من فكرة أن الاحتكار لوقت محدود يمكن أن يحفز على إيجاد أعمال مبتكرة أو إبداعية والإعلان عنها وتطويرها. وكانت أهمية حماية حقوق المخترعين قد كتبت في دستور الولايات المتحدة عام 1789. ونجد اليوم في معظم البلدان المتقدمة علمياً مكتباً لحماية الملكية الفكرية يسجل براءات الاختراع وحقوق النشر والعلامات التجارية ويتولى إنفاذها قانونياً. تعود هذه الخدمات بالمنفعة على العلماء في قطاع الصناعة على نحو أساسي (وموظفيهم بالطبع) الذين من الأرجح أن يسجلوا براءات الاختراع بدل نشر أعمالهم. لكن تسجيل براءات الاختراع في الولايات المتحدة أصبح أيضاً مهماً على نحو متزايد في القطاع الأكاديمي منذ إصدار قانون "بايه - دول" عام 1980 الذي سهل على الجامعات الحصول على حقوق الملكية الفكرية الناتجة عن الأبحاث التي ترعاها الحكومة. وأنشأت كثير من الجامعات مكاتب لتحديد الملكية الفكرية وتسجيلها. وبالنتيجة، زاد عدد الأبحاث الأكاديمية ذات التطبيقات التجارية. لكن بعض النقاد

يرون أن ذلك أدى إلى انخفاض في التدفق الحر للمعلومات العلمية³⁰ إذ يقولون إن الأبحاث التي ربما كانت ستنتشر في السابق أصبحت اليوم محجوبة في الغالب بانتظار إنهاء المعاملات الرسمية مع الجامعة للكشف عن الاختراع وطلب براءة الاختراع من مكتب براءات الاختراع والعلامات التجارية في الولايات المتحدة. فضلاً عن ذلك، ربما كان معظم تلك الأبحاث متاحاً مجاناً للجهات المهتمة في السابق، لكن الحصول عليه اليوم ليس متاحاً إلا لمن يستطيع دفع تكاليف الحصول على ترخيص بذلك.

تشير المناقشة السابقة لأعمال الأكاديمية العالمية الخفية إلى أن أي قيود على انتشار الأفكار والبيانات الجديدة يمكن أن تقلل فاعليتها وإنتاجيتها، فإنتاج المعرفة الناشئة يتوقف على وجود شبكات مفتوحة لتبادلها. ولهذا السبب، ينبغي ألا يكون البحث العلمي مثقلاً بالقيود، سواء كانت سياسية أو مالية. وبذلك، فإن معظم البلدان بحاجة إلى مكتب يشرف على عملية تسجيل براءات الاختراع للصناعات القائمة على العلوم والتكنولوجيا، حتى وإن كانت الغاية منه محصورة بضمان الوصول إلى المواد والعمليات التي قد يحتفظ بها مستثمرون أجانب عن طريق احتكارها لولا وجود هذا المكتب. ومع ذلك ينبغي أن يعمل الهدف الأهم لهذه المكاتب باتجاه نظام أكثر انفتاحاً للملكية الفكرية يساعد على سدّ الفجوة بين الأغنياء والفقراء، بدل توسيعها.

ما وراء النظم الوطنية

مع تعمق العولمة وتوسع نطاقها، يصبح من المنطقي على نحو متزايد للأمم أن تشارك في إدارة خدمات أساسية مثل حماية الملكية الفكرية وأن يتم تقسيم هذه الخدمات عن طريق التحالفات وأن يتم التفاوض في شأن معايير القياس على المستوى الدولي. يمكن أن يقدم هذا النظام لتشجيع التبادل الفكري والاقتصادي أكثر مما تقدمه الهيكلية الحالية للأنظمة الوطنية المتداخلة والمتنافسة. وينبغي على البلدان أن تقوم بأكثر من مجرد التعاون لتمويل البحث العلمي وإجرائه؛ وعليها أيضاً أن تتعاون على بناء البنية التحتية التي تدعم هذا النشاط. ويمكن للحكومات في حالات مثل القياس التحقق فيها الكفاءة عبر الالتزام بمعيار واحد أن تختار الانضمام إلى قوى أخرى لتقديم خدمات على المستوى الإقليمي. وقد يكون من

المنطقي في حالات أخرى، مثل جمع المعلومات، أن تتولى هيئة واحدة معالجة التنسيق على المستوى العالمي، مثل المرفق العالمي لمعلومات التنوع الحيوي (GBIF). ورغم أن وجود مخطط لتقسيم العمل على هذا النحو يعدّ أمراً جذاباً، إلا أنه يعتمد التجريب وعملية التجربة والخطأ في مطابقة القدرات مع الاحتياجات المحلية لمعرفة أيهما يحقق نتائج أفضل.

وتلخيصاً لما سبق نقول إن من الممكن أن تمتاز عناصر نظام الدعم العلمي مراراً وتكراراً بطرق مختلفة. ويمكن استخدام أي من الخيارات المذكورة في الجدول 2-6 في أي مجموعة من المؤسسات، سواء كانت عامة أو خاصة، دولية أو محلية، تجارية أو غير هادفة للربح، وليس هناك نموذج واحد يفيد جميع البلدان. لكن الوظائف والخدمات أمر أساسي، ويمكن تأمين هذه الأجزاء من النظام بعدة طرق مختلفة. فمن الممكن شراء الكثير من الوظائف أو المشاركة فيها أو استيرادها مؤقتاً، وليس من الضروري إيجادها محلياً. يمكن حل جميع هذه الأسئلة بطريقة مستقلة عن السؤال الدائر عن أي الهيئات تمول هذه النشاطات ومن سوف يستفيد منها، وهو ما نعالجه في الفصل الأخير.

الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا

أود الاعتقاد أننا قريبون من أن نصبح نظاماً عصبياً مركزياً جينياً بالنسبة للنظام عموماً. بل إنني أحب الفكرة القائلة إن مدناً، التي لا تزال هيكليات بدائية وقديمة وهشة، يمكن أن تتحول إلى بادرة الكتلة العصبية لترتبط في نهاية المطاف في شبكة عبر العالم.

لويس توماس

"في عدم يقينية العلوم" (on the Uncertainty of Science)،
مجلة هارفارد 83، رقم 1 (1980): صفحة 19-22.

إدارة الأكاديمية العالمية الخفية

من بين جميع الاتجاهات الحديثة، كان تطور القومية الاقتصادية هو الموضوع الأخطر على تطبيق العلوم لأجل رفاهية البشر.

جي. د. بيرنل،

الوظيفة الاجتماعية للعلم (The Social Function of Science)، ص 149

حددت القومية العلمية ممارسة العلوم وتوجيهها وإدارتها في القرن العشرين على نحو قيّد التنظيم الناشئ الذي يؤدي إلى التنظيم الأكثر كفاءة وإلى وسائل خلاقة في الاتصالات العلمية. فجوانب القصور في العلوم أيام الحرب الباردة على وجه الخصوص أعاقَت تطبيقها لمصلحة رفاهية الإنسان عندما أصبحت محتجزة في صراعات على النفوذ بين الأمم في القرن العشرين. ولم يبدأ هذا الوضع بالتغير إلا في بداية التسعينيات عندما اجتمع التغير السياسي الشامل في نهاية الحرب الباردة مع ثورة المعلومات. والواقع أن فصلاً جديداً في تاريخ الكلية الخفية كان قد بدأ في عام 1990 مع إعادة دمج العلماء والمهندسين من الاتحاد السوفييتي السابق في تواصل كامل مع العلوم العالمية¹. وكان "هانس - دايتير كلينك" في ألمانيا، وهو مدير جامعة معهد ماربورغ لعلم الفيروسات، قد خبر هذا التحول مباشرة إذ التقى أثناء المؤتمر الدولي لعلم الفيروسات في برلين عام 1990، بـ "أ. أ. تشيرنوف"، وهو واحد من كبار الباحثين في "مركز الدولة لأبحاث علم الفيروسات والتكنولوجيا الحيوية" (VECTOR) (معهد فيكتور) في روسيا، مع بعض زملائه. وكانت تلك المرة الأولى التي يحضر فيها الروس المؤتمر. يتذكر "كلينك" فيقول: "كنا مهتمين كثيراً بسماع ما كانوا يعملون عليه. عندما التقيت بالفريق الروسي من معهد فيكتور وتعلمت من عملهم، أدر كنا أننا يمكننا أن نتعاون"².

أخبر "تشيرنوف" "كلينك" أن الباحثين الروس كانوا قد شرعوا في إجراء استقصاءات عن الفيروسات المسببة للنزف في الثمانينيات، وأن مختبره اضطر إلى إيقاف عمله لأنه يفتقر إلى المعدات اللازمة لمتابعة دراسة العوامل الوراثية للفيروسات. وعندما التقى الرجلان، أدرك "تشيرنوف" أن التعاون مع "كلينك" وغيره في ماربورغ يمنحه فرصة لإحراز تقدم في عمله الواعد الذي كان قد تخلّى عنه منذ عدة سنوات إذ يتميز معهد ماربورغ لعلم الفيروسات بشهرة عالمية لأنه قام بعزل التركيبة الجينية لحمى نزفية مشاهمة لفيروس إيبولا وحدد خصائصها. وكانت الحمى التي اكتشفت في عام 1967 قد سميت باسم فيروس ماربورغ على اسم المخترع الألماني. لذلك كان "تشيرنوف" مهتماً بالعمل مع "كلينك" وفريق ماربورغ آملاً في مواصلة أبحاثه. وكان "كلينك" بدوره مهتماً بالحصول على بيانات "تشيرنوف" عن التجريب على الحيوانات. فبدأ العالمان معاً مشروعاً بحثياً يهدف إلى تحديد الخصائص العامة لأشكال الفيروسات التي تسبب الحمى النزفية القاتلة. وهكذا بنى الاثنان عبر هذه العملية رابطاً من روابط الأكاديمية العالمية الخفية.

وأثناء سنة من استكمال الأبحاث الجينية مع الفريق الروسي، تقدم "كلينك" ومجموعة من زملائه بطلب إلى "المنظمة العالمية للملكية الفكرية" من أجل تسجيل براءة اختراع لمصل صمم لمعالجة الالتهابات الناتجة عن الصدمة النزفية. وبإجراء أبحاث أساسية تتصل بإحدى المشاكل الصحية، أوجدت شبكة المتعاونين معه منتجاً يمكن أن يساعد في معالجة مرض غريب نادر وفتاك بشكل لا شبیه له وقد أشاع الدمار في منطقة بعيدة جداً في الغابون في أفريقيا.

إن تجريبي الأكاديمية العالمية الخفية، كما أوضح "كلينك" و"تشيرنوف" والعلماء الآخرون الذين يروي هذا الكتاب قصصهم، يمثلون القاعدة وليس الاستثناء في العلوم اليوم. فهم ينظمون أنفسهم ذاتياً ضمن فرق ويتشاركون في الموارد ويتعاونون على حل المسائل العلمية. ثم ينحل الفريق عندما يحقق مشروع التعاون هدفه. وليست هذه الترتيبات بين أعضاء الفريق مرتبطة بالمكان، بل يمكن أن يكون البحث موزعاً ومرناً ومتحركاً على المستوى الجغرافي عند الحاجة. وليست الفرق مقيدة بتخصص محدد أو بقطاع معين، بل تعمل في مجالات بحثية

متنوعة بحسب الحاجة (وهي في حالة "كلينك" دراسة الجينات في مختلف الأنواع الحيوانية وعلم الفيروسات والأوبئة والطب)، وتعمل مع متعاونين من القطاع الخاص عندما تكون الفرص مثيرة جذابة له. إن عمل هذه الفرق غير خطي بل هو معقد، فهو يبدأ من الأبحاث الأساسية إلى تطبيقات السوق ثم يعود مرة أخرى، وجميع هذه العمليات مدفوعة بمجموعة أساسية من الأسئلة تتناول آثار فيروس على البشر وعلاجه.

يلخص هذا الفصل الدروس التي يمكن استخلاصها من أجل تعلم الإدارة بالاستفادة من نشوء الكلية الخفية كأسلوب سائد للتنظيم في العلوم. تختلف كل من التحديات والفرص التي تتيحها الأكاديمية العالمية الخفية اختلافاً كبيراً عن التحديات والفرص التي واجهها واضعو السياسات في حقبة القومية العلمية. وبما أن نظام العلوم الناشئ ليس قومياً، فلن تؤدي السياسات المبنية على النماذج الوطنية إلى النتائج المرجوبة. ومع ذلك، لا يزال معظم واضعي السياسات متمسكين بهذه السياسات الوطنية.

ليس بالأمر الجذاب أن ندرس أساليب ممارسة العلم التي كانت ناجحة في الماضي القريب على افتراض أنها نماذج عملية تصلح للعالم النامي في أيامنا، مثل نموذج نظم الإبداع الوطني الذي حدده بعض علماء الاقتصاد بالولايات المتحدة وأوروبا³، ونموذج النمر الآسيوية⁴ الذي حدده بعضهم بكوريا الجنوبية⁵. لكن القومية العلمية تتضاءل في أهميتها، وكذلك مفهوم "نظام الإبداع الوطني" المرتبط بها، ولن تسهم إلا قليلاً في المساعدة على بناء القدرات العلمية في العالم النامي بالرغم من أنها كانت ملائمة في القرن العشرين. وينبغي بدلاً من ذلك أن تكون لدى واضعي السياسات المعاصرين استراتيجية لتسخير الشبكات العلمية ذاتية التنظيم على المستويات المحلي والإقليمي والعالمي خارج نموذج "النظم الوطنية". ويقف هذا صحيحاً حتى لو كانت الدولة القوية لا تزال تضع السياسات الناعمة لإدارة النظام المعرفي.

إن الشبكات التي تنتج المعرفة وتنشرها تعمل ضمن الدولة القومية وخارجها. كما أن الحجم الهائل من التشبيك الدولي في العلوم في بداية القرن الحادي والعشرين يدفعنا في نقلة مرحلية من تجمع العلماء ضمن مجموعات وطنية صغيرة إلى شبكة عالمية

واحدة مترابطة مع كل بلد في العالم وتشمل العديد من المجمعات الأصغر حجماً. وهذه النقطة تغير موضع التأثير على نحو يوجه العلم إلى المستوى العالمي. وكما بين هذا الكتاب، فإن الشبكات تنشر المعرفة وتوسعها بسهولة، فهي العمود الفقري للعلم في القرن الحادي والعشرين. لكن محاولة التحكم بتدفق المعرفة يجعلها مقيدة ضمن الحدود السياسية تقيد القوى الحركة النشطة التي تجعل العلم مفيداً جداً للبشرية.

كذلك فإن الشبكات التي تؤلف الأكاديمية العالمية الخفية تعمل وفق قواعد واضحة، إن لم تكن بديهية. فهي تنمو من القاعدة صاعدة إلى القمة بدل أن تكون من القمة إلى القاعدة. ومع نمو الشبكات وتطورها تصبح معقدة. أما تنظيمها فهو مدفوع بالقوى والهيكلية الموصوفة في هذا الكتاب، وهي الارتباط التفضيلي والسمة التراكمية والثقة وإنتاج رأس المال الاجتماعي، ونظام المحفزات الذي يدفع العلماء إلى تشارك البيانات وتبادل المعلومات. ونرى بالنتيجة أنه لا يمكن إدارة هذه الشبكات؛ بل يمكن توجيهها والتأثير فيها فقط. وهي تتسم بوجود قواسم مشتركة مع النظم العضوية التي وصفها السيد "جون إفلين" في مقالته "سيفنا" (انظر الفصل الثالث) أكثر من القواسم المشتركة بينها وبين حسابات التفاضل والتكامل لنيوتن. ولإدارة هذه النظم، ينبغي على واضعي السياسات فهم دينامياتها ومن ثم إيجاد المحفزات التي تدفع كلاً من العلماء إلى اتخاذ القرارات التي يريدونها.

وتبعاً لذلك، تكون القضايا الأساسية للسياسات العلمية في بداية القرن الحادي والعشرين هي (1) كيفية وضع سياسات تشمل المستويات المتعددة التي تعمل عندها الشبكات العلمية وتأخذها في اعتبارها (2) كيفية إيجاد الانسجام بين المحفزات على زيادة فرص المشاركة المحلية و(3) كيفية تحقيق هذه الغايات بطريقة تحقق الديمقراطية في عملية اتخاذ القرارات حول الاستثمارات العلمية وتوزيع الموارد. وينشأ عن هذا المنظور الجديد أثران مختلفان للإدارة: الأول ظهور فرصة غير مسبوقة أمام الدول المتأخرة التي تسعى إلى وضع استراتيجية للعلوم للاستفادة من النظام الناشئ. والثاني هو ضرورة القيام بإصلاح شامل للسياسات الوطنية القائمة، وخاصة في البلدان المتقدمة علمياً. ولا بد من نموذج جديد للإدارة، نموذج يعتبر العلم سلعة عالمية عامة. ويمثل هذا النموذج الجديد تحدياً أمام واضعي السياسات لقلب الواقع المفروض و"التفكير محلياً والعمل عالمياً".

العلم كسلعة عالمية عامة

إن مشروع "كليمنك" وفريقه العامل على أبحاث الحمى النزيفية يبين بوضوح كيفية عمل الأكاديمية العالمية الخفية، فقد انطلق أولاً من حقيقة أن أسرار الظاهرة الطبيعية أمور رائعة تثير الاهتمام وتجذب انتباه كبار العلماء. وجاءت الخطوة الثانية في توزيع النشاطات البحثية، بعد تحديدها بوضوح، على الأشخاص الأقدر على إجرائها بفاعلية، مهما يكن موقعهم الجغرافي. وتم في الخطوة الثالثة دمج البيانات والمعلومات الناتجة افتراضياً بينما كان كل جزء من الفريق يقوم بإنتاج المعرفة. وأخيراً، نشأت المعرفة الناتجة من دمج القدرات المتكاملة من جانب الأشخاص المتعاونين. بدأت العملية بتداول الأفكار فحسب في لقاء شخصي وجهاً لوجه. وكان هذا التعاون متوقفاً على المسار، مستفيداً من الأعمال السابقة في ماربورغ، وتحدد شكله بـ "جاذبية" المعدات المتخصصة في روسيا وألمانيا. كما جرى توزيع المعرفة المجمعة بين أعضاء المشروع، وكذلك على المتعاونين في الغابون في أفريقيا حيث أمكن استخدامها لحل مشكلات حقيقية أو استباق حدوثها.

توضح حالة ماربورغ التعاون الناشئ وتبين أن إتاحة الوصول إلى الأجهزة والبيانات والأشخاص تساعد على إنتاج المعرفة. ويمثل هذان المبدآن ثمرة طبيعية للتنظيم التشبيكي المستخدم في إنتاج المعرفة العلمية والظروف التي تؤدي إلى ازدهارها. وهي تجسد المعايير الاجتماعية التي تعمل العلوم ضمنها. أما التحدي المائل أمام واضعي السياسات فهو جعل الإدارة منسجمة مع هذه المبادئ والمعايير.

تم تمويل أبحاث علم الفيروسات التي أجراها "كليمنك" وفريقه بأموال عامة من خزانة الحكومة، مثل العديد من أنواع العلوم الأخرى. وأصبح هذا هو الأسلوب السائد لتمويل العلوم الأساسية في القرن العشرين⁶. وكانت الحجة الأساسية الكامنة وراء التمويل العام للعلوم هي أن المعرفة العلمية سلعة عامة⁷. فالمعرفة بلغة علماء الاقتصاد "غير تنافسية" وهي "للجميع"، وهذا المعنى مرادف لفكرة أن استهلاك الفرد الواحد من السلعة لا يقلل من الكمية المتاحة للآخرين، وعندما تكون السلعة متاحة لفرد واحد، فهي متاحة أساساً للجميع. ولا يمكن استبعاد الآخرين في المجموعة نفسها من استهلاك السلعة أو تقاسم منافعها. ولهذا السبب، ربما يكون استثمار وكلاء القطاع الخاص في السلع العامة أقل مما يجب، وهذا

يؤدي إلى الحجة القائلة بأن الحكومة يجب أن تقدمها. لا تلاحظ هذه الحالة في الأبحاث العلمية الأساسية فقط، بل أيضاً في سلع مثل التعليم وإنفاذ القانون والبيئة النظيفة⁸.

ومع ذلك، فإن العلوم لا تعود بالضرورة بالنفع على المكان الذي أنتجت فيه، وليست تؤدي بالضرورة إلى مساعدة الناس الذين يدفعون في مقابلها، بخلاف سلع عامة أخرى تتميز بوجود مكون الاستخدام المحلي القوي، مثل إنفاذ القانون أو البنية التحتية للنقل. بل يمكن إيجاد المعرفة العلمية في مكان واحد ويمكن إيصال مكاسبها إلى أشخاص في مكان آخر أو في المستقبل⁹. لقد كان تفشي فيروس إيبولا وماربورغ، على سبيل المثال، قد ظهر في أفريقيا في السودان وزائير والغابون ودولتي الكونغو: جمهورية الكونغو وجمهورية الكونغو الديمقراطية، ويمكن - على الأرجح - استخدام الأبحاث التي أجريت على هذه الفيروسات في ماربورغ في ألمانيا لتطبيقها على أشخاص يعدون آلاف الأميال ومساعدتهم بها. وربما كان من المستبعد جداً أن تعود نتائج هذه الأبحاث بمنفعة مباشرة على دافعي الضرائب الأوروبيين. وبالرغم من ذلك، مضى "كلينك" و"تشيرنوف" في بحثهما لأنه يهتم بمشكلة علمية مهمة.

يمكن إجراء الأبحاث العلمية على المستوى المحلي أو الإقليمي أو العالمي اعتماداً على حجم العمل المرافق للبحث ونطاقه. ويمكن إيصال منافعه إلى أشخاص كثيرين غير أولئك الموجودين ضمن نظام سياسي واحد (وهذا هو السبب أيضاً في أن العلوم والتكنولوجيا تمثل استثمارات قوية بالنسبة لأهل الخير). ويمكن أيضاً إجراء الأبحاث لتحقيق المنفعة الخاصة، كما هي الحال عندما يكتشف أحد الباحثين عقاراً جديداً وتقوم إحدى الشركات بتسويقه. وهكذا نرى أن الرابط بين دعم البحث وجني فوائده يمكن أن يكون واهياً تماماً. ومع ذلك، تواصل الحكومات الديمقراطية تمويلها للعلوم بسبب ما يبدو من ارتفاع معدل العائد الاجتماعي، أي المنافع التي تحققها للمجتمع التي تفوق تكاليفها¹⁰.

إنتاج المعرفة واستيعابها

إذا كان العلم سلعة عالمية عامة، وإذا كان العلماء ينظمون بأنفسهم الشبكات العلمية الأكثر فاعلية، وإذا نشرت المعرفة عبر الشبكات، فهذا يعني

ضرورة أن تسعى السياسات العلمية إلى دعم هذه الشبكات وتشجيعها. وبتابعة هذا المسار المنطقي، يصبح من الواضح أنه لا يمكن لأي أمة أن تحوي نظاماً علمياً كاملاً لأن جميع أجزاء العلم تتفاعل في ما بينها ويدعم بعضها بعضاً. ومن أجل إنتاج المعرفة يوجب على العلماء إيجاد طرق لمعرفة بعضهم بعضاً والاتصال في ما بينهم. وبالنتيجة، يجب أن يكون هدف السياسات هو إيجاد نظام يحقق أعلى درجة ممكنة من الانفتاح والمرونة.

فضلاً عن ذلك، إذا كان من الممكن إيجاد المعلومات في عدة أماكن ودمجها ضمن المعرفة حيثما وجدت الخبرة، عندها ينشأ تعلم عملية دمج المعرفة واستيعابها على المستوى المحلي كجزء حاسم من عملية يمكن غيرها استخدام العلوم لحل المشكلات، ولا يوجد مكان واحد يضم منفرداً جميع المؤسسات والخدمات والقدرات اللازمة لإدارة هذه العملية. لذلك فإن تقاسم الموارد يعد شرطاً حاسماً لنجاح النظام العلمي. ويشير هذا الاستنتاج أيضاً إلى النظام المفتوح الذي يساعد على الأسلوب الأكثر كفاءة في تقاسم الموارد.

ونظراً إلى جميع ما ذكرناه من عناصر الارتباط ضمن الشبكة، ينبغي أن تكون السياسات في القرن الحادي والعشرين مدفوعة برؤية لنظام معرفي تطوري مفتوح ومتربط. وهناك مبدآن اثنان، وهما التمويل المفتوح والوصول المفتوح إلى الموارد والنتائج العلمية، وهما يتمتعان بالفرصة الكبرى لإيجاد هذا النظام المعرفي. ويمكن تحقيق هذين المبدئين عبر صياغة محفزات تشجع الارتباط التفضيلي وتستفيد منه في إيجاد النظام الأكثر كفاءة بين الباحثين؛ والتركيز على جلب المعرفة من أي مكان في العالم من أجل حل المشكلات المحلية؛ والحفاظ على العلوم الممتازة عبر تطبيقها على المشكلات المحلية الأكثر إلحاحاً، وبذلك نضمن التعلم المحلي والتغذية الراجعة والمكافآت.

إذا كانت أفضل المعارف المتاحة ضرورية لحل مشكلة أو لمساعدة إحدى الحكومات في تأدية مهمة ما، يصبح من المنطقي تمويل أبحاث الفريق الذي يعمل على العلوم الأعلى جودة ويتمتع بأكبر فرصة لتطبيقها محلياً، مهما تكن الانتماءات الوطنية لأعضاء الفريق. وينبغي على أي مجموعة تقدم التمويل للأبحاث العلمية أن توسع نطاق ما تقدمه من تمويل ليشمل الفريق الأكثر جدارة، ويمكن توفير محفزات

للتأكد من أن الأبحاث تعالج المشكلات المحلية أو الوطنية. وهذا يضمن الفاعلية في إنفاق التمويل المخصص للعلوم، بدل توجيهه إلى مجالات إنفاق أقل كفاءة لأغراض سياسية.

ويمكن للحكومات، بوصفها جزءاً من نظام مفتوح، أن تمول العلوم عبر مجالس تضم مواطنين من غير السياسيين، وهو ما يمكن تنسيقه مع الأكاديميات والهيئات العلمية القائمة نحو تصميم رؤى لدور العلوم على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي. ويمكن أن يكون التمويل كله مفتوحاً، بمعنى أنه يمكن لأي مجموعة أو مؤسسة أن تنافس للحصول على التمويل. كذلك يمكن توفير قاعدة بيانات للاستعلامات تساعد الباحثين على إيجاد الأشخاص المناسبين للتعاون معهم.

ومن الممكن أيضاً أن يؤدي ازدياد مشاركة المواطنين إلى تعزيز الصلة بين العلوم والاحتياجات العامة عبر استهداف الأموال المخصصة للأبحاث بفاعلية أكبر في المسائل والمشكلات والفرص التي تكون الهاجس الأكبر على المستوى المحلي. وهناك نماذج من مشاركة المواطنين في صنع القرارات العلمية يمكن أن تطبق في أماكن أخرى، بما فيها "فورسايت" (البصيرة) و"فوتورا" (المستقبل) في أوروبا. فضلاً عن ذلك، فقد استطاع عدد من الدول النامية إيجاد عملياته الخاصة به لجمع المدخلات والمعطيات المحلية، وأوغندة مثال رائد على ذلك. وكما توضح "جودي واكهونغو"، فقد عمل المسؤولون العاملون تحت رعاية "مجلس أوغندة الوطني للعلوم والتكنولوجيا" (UNCST) على إشراك موظفي تنمية المجتمع في عملية السياسات العلمية، إضافة إلى ممثلين عن المؤسسات البحثية الوطنية. والغاية من ذلك هو التأكد من معالجة مصالح جميع الجهات المعنية:

لم يكن عملهم في مجال التكنولوجيا الحيوية فقط، بل أيضاً في قطاعات أخرى متنوعة، مثل المياه ومزارع الأسماك وحماية الحياة البرية وفي تصميم مزارع الأسماك أيضاً. وقد مضت أوغندة إلى أبعد من ذلك للتأكد من الترجمة الفعلية لقدر كبير من المعلومات إلى اللغات المحلية، وذلك من حيث المعالجة والفهم ونقل الرسالة بطريقة متوازنة عن التكنولوجيا الحيوية إلى المواطنين حتى يتمكنوا من المشاركة بفاعلية في كثير منها. وأوغندة هي الدولة الأفريقية الوحيدة التي وصلت إلى هذه المرحلة¹¹.

يتلاءم النموذج المفتوح مع الهيكلية الطبيعية للعلوم، وهو يقدم أعظم الوعود بنشر منافع العلوم على نطاق واسع وبأسلوب منصف. لكن هذا النموذج غير مستخدم في الوقت الحاضر، ولعل من حماقة القول إن الانتقال من النظام الوطني الحالي إلى نظام غير وطني مفتوح سيكون أمراً سهلاً. فالتوتر سيظل قائماً بين احتياجات العملية السياسية ونمو الشبكة المعرفية. وطالما أن الخزينة العامة تستخدم لتمويل العلوم، فلن تؤثر الاحتياجات العامة على الأجندة العلمية، ناهيك عن تحديداتها، وهذه هي الحال تقريباً في كثير من الحالات. أما التحدي الماثل أمام واضعي السياسات فهو إقامة التوازن بين السماح بازدهار الخصائص الناشئة للعلم وإيجاد طرق لاستخدام النظام بما يحقق الغايات الوطنية.

أساليب جديدة في الإدارة

باستخدام مبادئ التمويل المفتوح والوصول المفتوح كنواظم للتوجه، يمكننا تصور إطار جديد لحكم العلوم في القرن الحادي والعشرين. إن هذا النهج الجديد يفصل العلوم عن الهيئة الوطنية ويربطها ربطاً وثيقاً بالتعاون والجدارة والانفتاح؛ إنه يجعل الأبحاث تعتمد على احتياجات العلم بدلاً من مصالح الممولين. فبينما كان النظام القديم قائماً على أساس وطني، فإن النظام الناشئ ينظر من المستوى المحلي إلى المستوى العالمي. وبينما كان النظام القديم يركز على الانتماء المؤسسي والبنية المؤسسية، يأتي النظام الناشئ ليركز على الوظائف اللازمة لتسهيل إنتاج المعرفة واستيعابها. وفي حين كان النظام القديم يدور حول الاستثمارات الاستراتيجية للميزة التنافسية، فإن النظام الناشئ يركز على التعاون من أجل دمج المعرفة. وبينما كان النظام القديم يركز على إنتاج المعرفة، فإن النظام الناشئ يركز على استيعابها واستخدامها. وفي حين كان قياس النظام القديم هو المدخلات، فإن قياس النظام الناشئ هو الرفاهية الاجتماعية. وبينما كان النظام القديم يحمي المصالح الوطنية، فإن النظام الناشئ مفتوح حر التدفق بين البلدان.

تتطلب هذه التحولات من واضعي السياسات اعتماد استراتيجية من جزأين. فهم بحاجة إلى استراتيجية للاستثمار أو "إقامة المشروعات" واستراتيجية للاتصال أو "إقامة الروابط". وقد تختلف معالم هذه الاستراتيجيات ونطاقها اختلافاً كبيراً

بين البلدان حسب قدراتها العلمية وبنيتها التحتية العلمية. يقدم الجدول 7-1 بعض العناصر المحتملة لهذه الاستراتيجيات والوظائف التي يمكن أن تؤديها.

ومهما يكن مستوى القدرات العلمية التي تبدأ منها المنطقة، فلا بد أن تكون استراتيجية إقامة المشروعات مستندة إلى الحجم (الكلفة الأولية لترسيخ القدرات المحلية) والنطاق (الاستثمار على المدى الطويل اللازم لتحقيق الاستفادة) اللازمين للسماح بتطوير المعرفة واستيعابها محلياً. قد يكون الاستثمار في قدرات الأبحاث والتطوير ضرورياً لاستيعاب المعرفة محلياً، وقد لا يكون. ويمكن في بعض الحالات الاستعاضة عن القدرات المحلية باستراتيجية لإقامة الروابط. كذلك فقد تتطلب عملية صنع القرار بشأن إقامة المشروعات وجود روابط عبر القطاعات، مثل الروابط بين المجموعات البحثية الخاصة والعامة. يمكن تحديد هذه العوامل بعدد من الطرق، بما فيها تقييم حجم استثمارات مماثلة ونطاقها في أماكن أخرى. وينبغي أن توضع استراتيجية الاستثمار دون النظر إلى الحدود الجغرافية ويجب أن تنظر في الاستثمار المحتمل الذي يمكن استخلاصه من الروابط المحلية والإقليمية والعالمية. ويجب أن تنظر الاستراتيجية القابلة للتطبيق في استثمارات البناء [الطوب والملاط] والاحتياجات التعليمية إلى جانب الاستثمار في قطاع الاتصالات.

لا بد من فهم استراتيجية إقامة الروابط على أنها بناء شبكة، مهما يكن الحجم المطلوب لها، تؤمن الوصول إلى الأبحاث والمعارف العلمية ونشرها. إن استخدام نموذج الشبكة يسمح لواضعي السياسات بتجاهل الحدود السياسية التي حددت النظم الوطنية. كما أن الاعتماد على هذا النموذج يمكن المخططين من إنشاء فرق تتولى إيجاد المعرفة ومن كسب إمكانية الحصول على المعلومات التي قد لا تكون متاحة محلياً. ويمكن أن تتوافر معظم المعارف اللازمة لإيجاد حلول محلية أو إقليمية عبر روابط تكنولوجيا الاتصالات أو عبر مشروعات التعاون التي لا تتطلب استثمارات كبيرة في إنشاء المباني. كذلك فإن التفكير في العلوم أو الهندسة كشبكة تتسم بمزية السماح بتوسيع النقاش في أجندة العمل. فمثلاً، يمكن أن تشمل استراتيجية الاتصالات في بعض الحالات "التزود من مصادر خارجية" بأجزاء من وظائف البنية التحتية العلمية (مثل توحيد المقاييس) أو من مزود معروف.

الجدول 7-1. الخطوات السياسية في استراتيجيات إنشاء الروابط وإقامة المشروعات

الوظيفة	استراتيجية إنشاء الروابط	استراتيجية إقامة المشروعات
تقييم القدرات والفرص والمشكلات المحلية والوطنية والإقليمية في طيف يبدأ بالمشكلات المحلية الحادة وصولاً إلى المشكلات العالمية المزمنة (انظر الجدول 2-7)	إنشاء وظيفة ربط في جامعة تتمتع بالإمكانات الأكبر لاستيعاب المعرفة ونشرها من أجل مجالات العلوم التي تعاني تأخراً في القدرات إذا كانت ثمة مصلحة في رصد المعارف أو الاستفادة منها في هذه المجالات.	تقييم نموذج الاستثمار الجغرافي في أماكن أخرى من أجل مجالات العلوم التي تستدعي وجود قدرات محلية أو وطنية أو إقليمية. تقييم البنية التحتية اللازمة على المدى الطويل وحساب تكاليفها.
دراسة أساس المعرفة العلمية بحثاً عن معلومات مفيدة وأفراد مفيدتين وتقييم سياق المعرفة المتاحة وتحديد تفاصيل "المجاهيل" المرتبطة بالمعرفة بقدر اتصالها بمشكلات وفرص محددة.	جمع ووضع التقارير عن المراكز المعرفية والقدرات في العالم. دراسة المجال بحثاً عن فرص للتعاون مع مختلف المراكز. وتحديد الاتجاهات المثمرة بين اتجاهات الأبحاث التي يمكن أن تكون جزءاً من استراتيجية للاستثمار.	وضع استراتيجية تعاون لإنشاء روابط مع مراكز أخرى تجري أبحاثاً مشابهة أو مكملية، وذلك من أجل المشكلات المجهولة أو الخاصة أو تحديات معينة وعند الحاجة إلى وجود قدرات محلية.
تحديد حجم ونطاق الاستثمار المطلوب لجعل المعرفة الموجودة متاحة محلياً وقابلة للتطبيق بطريقة مستدامة.	استخلاص الدروس عن الحجم والنطاق من التفاعل مع مراكز بحثية أخرى. إنشاء اتصالات متواصلة أو المشاركة في اتحاد لمساعدة القدرات المحلية عند الضرورة. النظر في خيار التدريب عن بعد.	وضع استراتيجية للاستثمار في حسابها التدريب على البنية التحتية والرواتب المخصصة لها، وذلك من أجل المجالات التي تبين أنها حاسمة في معالجة التحديات المحلية أو الإقليمية المزمنة.
تحديد حجم ونطاق الاستثمار اللازم لسد الفجوة بين الاحتياجات المجهولة والاحتياجات المحلية والإقليمية.	استخدام خدمات الإنترنت لإعلام المشاركين بالفرص الجديدة؛ ويجب حضور الندوات والمؤتمرات، وذلك في المجالات التي تستخدم فيها فقط استراتيجية لإنشاء الروابط.	التركيز على أبحاث متقدمة يمكن أن تستفيد من التعليم وردود الفعل المحلية والإقليمية من أجل المجالات التي سيتم إقامة استثمارات فيها. ثم الاستفادة من ذلك في وضع استراتيجية لإنشاء الروابط.
تحديد الشركات ومشروعات التعاون المحتملة لإقامة الاستثمار المطلوب أو تقييم المعرفة المفيدة بخلاف ذلك.	وضع مجموعة من مشروعات التعاون من تبادل المعلومات بصورة دورية إلى المشروعات البحثية وصولاً إلى ورشات العمل أو المؤتمرات من أجل المجالات التي ينبغي فيها تنفيذ استراتيجية لإنشاء الروابط.	تنفيذ خطط محددة لتمكين الأبحاث التعاونية التي تؤدي إلى تعزيز الكفاءة والتكاملية وتقاسم الموارد وتدريب الطلاب، وذلك عند اتخاذ القرار بإقامة استثمارات.

وضع خطة مالية لبناء القدرات لإقامة الاستثمارات محلياً	تأمين القدرات المتوافرة على أرض الواقع التي يمكنها	إقامة الاستثمارات المحلية أو الإقليمية بحيث يكون حجمها ملائماً للإحاطة باحتياجات الأبحاث المتقدمة، والحفاظ على هذه الاستثمارات مع مرور الزمن. وغالباً ما تكون الروابط مع الشركات المحلية أو المراكز الأكاديمية الأخرى أمراً حاسماً.
وربطها بالقدرات الإقليمية والدولية التي يمكن أن تساعد فيها.	استيعاب المعرفة ووضع أساس لتعزيزها عند الضرورة. يمكن أن تختلف القدرات المحلية والإقليمية في حجمها، لكنها تبقى بحاجة إلى أشخاص المتدربين وأدوات الاتصالات واسعة النطاق.	

ينبغي أن تؤدي كل من استراتيجيتي إقامة المشروعات وإنشاء الروابط عدداً من الوظائف المهمة التي تتطلب المراجعة وإعادة التقييم بصورة دورية، كما يبين الجدول 7-1. والخطوة الأولى في تحديد الاستثمار وتخصيص الأموال للعلوم هي تقييم القدرات محلياً وتحديد الفرص والمشكلات في طيف يبدأ بالمشكلات المحلية الحادة (التي تتطلب اتخاذ إجراء فوري) ومن ثم الانتقال إلى المشكلات العالمية الحادة ثم إلى المشكلات المحلية المزمنة (التي تتطلب بناء القدرات على المدى البعيد) تليها المشكلات العالمية المزمنة. يمكن أن تبدأ هذه الخطوة بحصر القدرات ضمن لائحة أو تقييمها بناء على المساحات المخصصة للمختبرات والمؤلفات والأشخاص المدربين وما إلى ذلك، على النحو المبين في الفصل السادس. وينبغي إتباع هذه العملية بحصر لائحة بالمشكلات التي يمكن تطبيق العلوم أو الهندسة عليها. من الواضح أن المشكلات أو التحديات ليست قابلة للحل جميعها باستخدام حلول تقنية. لكن يمكن تطبيق الموارد العلمية أو المهارات الهندسية في كثير من الحالات المتصلة بالبيئة والزراعة والصحة والصناعات الأساسية.

يجب تصنيف التحديات في لائحة ضمن فئات اعتماداً على ما إذا كانت حادة أو مزمنة أو محلية أو عالمية (انظر الجدول 7-2). ويجب أن يبدأ إيجاد الحلول أو العلاجات من أجل التحديات أو المشكلات الحادة في أي فريق علمي أو هندسي موجود في أي مكان في العالم يمكن أن يقدم المساعدة على الفور، إذ لا يمكن لأحد أن يتوقع من بلد متأخر علمياً أن يعالج تفشي الحمى النزيفية بنفسه. فالمشكلات الحادة تقع أصلاً ضمن اختصاص منظمات غير حكومية مثل منظمة الصحة العالمية. وربما وجب إعطاؤها طابعاً رسمياً في هيئة للعلوم العالمية يمكن توظيفها

الجنول 2-7. طوبولوجية التحديات

حجم الأثر	نوع التحدي	
	حاد	مزمّن
محلي	حالة واحدة لتلوث المياه	تردي ظروف التربة
عالمي	وباء فيروسى	توافر الطاقة

لمساعدة الدول الأكثر فقراً بحسب الحاجة. يجب أن تبقى المشكلات ضمن البلاد في كثير من الدول الفقيرة لكن فقط إذا كانت في مرحلة بناء قدرات علمية أو هندسية أكثر قوة.

ويجب أن تكون المشكلات أو التحديات المزمّنة موضوعاً مزيد من التحليل والتخطيط الاستراتيجي. كما ينبغي أن تكون المشكلات المحلية أو الإقليمية من بين الأهداف الأولى للتقييم، بحيث تشمل الأجندة أسئلة مثل كيفية تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية من توفير المياه النظيفة وتحسين صحة الأمهات وعلاج التلوث المحلي وتحسين ظروف التربة وزيادة إنتاجية الزراعة المائية¹². ويجب أن تكون جزءاً من خطة أولية عندما يجري التعامل معها ببرامج أخرى غير البرامج القائمة. ويمكن تحديد علوم وتكنولوجيات أساسية وقياسها وتطبيقها على مستويات مختلفة من أجل كل من هذه المجالات.

يجب أن تكون الخطوة الثانية في عملية تخطيط العلوم هي دراسة قاعدة المعرفة العلمية الموجودة بحثاً عن معلومات مفيدة أو مراكز مفيدة أو أشخاص مفيدين. ويجب استخدام هذه المعلومات لوضع خريطة افتراضية للعلوم من أجل المجالات المهمة. وعلى واضعي السياسات تقييم سياق المعرفة المتوافرة لمعرفة ما يمكن استعارته وما يجب بناؤه محلياً. وتعبير آخر، عليهم أن يحددوا مدى استفادة الأبحاث من البيانات المتاحة (مثل قواعد البيانات الضخمة المتاحة عبر الإنترنت) أو استخدام المعدات المتخصصة التي يمكن الوصول إليها على نحو افتراضي. ومن الواضح أن موقع هذه المعدات مهم من أجل رسم خريطة بصرية للمجال، والذي يجب أن يكون جزءاً لا يتجزأ من العملية. وينبغي إعداد لائحة بكبار الباحثين والمراكز المتميزة لتحديد الأشخاص والأماكن والمعدات الأكثر جاذبية من أجل إنشاء الروابط ضمن كل مجال. والهدف من ذلك هو زيادة الاستفادة من المعدات

أو القدرات الموجودة في مكان آخر وإيجاد موارد يمكن للعلماء المحليين استخدامها عند الحاجة إليها. ويجب أن تشمل العملية أيضاً استكمال لائحة مفصلة بالأمر المجهولة المرتبطة بمشكلات وفرص محددة أو بالأسئلة الأهم التي ينبغي على الباحثين معالجتها.

بعد ذلك، ينبغي على واضعي السياسات العلمية تحديد حجم ومجال الاستثمار المطلوب لجعل المعرفة الموجودة متاحة وقابلة للتطبيق محلياً بطريقة مستدامة. وينبغي أيضاً وضع استراتيجية محددة الأهداف لمواجهة التحديات التي تحقق المعايير الأربعة التالية: (1) أن تكون قابلة للبحث العلمي، و(2) أن تكون مزمنة أو متكررة، و(3) أن تكون حاسمة بين المشكلات أو القضايا أو التحديات التي تين أنها قابلة للتطبيق محلياً أو إقليمياً و(4) أن تكون قادرة على دعم أبحاث متدرجة في حجمها على المستوى المحلي. وسوف تشمل هذه الاستراتيجية بعض السبب التحتية والاستثمارات المؤسسية على أرض الواقع إضافة إلى خطة لإنشاء روابط بالبحوث القائمة في مشروعات التعاون. وفي كثير من الحالات لن يكون حجم البحث ونطاقه ملائمين للاستثمار من قبل دولة واحدة. وربما كان من الضروري إقامة تحالف إقليمي أو دولي لتحقيق الحجم الكافي في هذه الأبحاث.

وكجزء من هذه الاستراتيجية المستهدفة، من المهم تحديد حجم ونطاق الاستثمار اللازم لسد الفجوة بين الاحتياجات الإقليمية والوطنية والحاجات غير المحددة، أو بتعبير آخر إجراء أبحاث استكشافية رائدة وذات صلة محلياً. ويلاحظ في كثير من الحالات أن الأبحاث الاستكشافية التي تكون قابلة للتطبيق وذات صلة بالمشكلات والتحديات المحلية لن تكون متاحة من باحثين في مكان آخر في العالم. وربما كانت الإجابات الشافية لأمراض الأحياء المائية أو الآفات النباتية الإقليمية، على سبيل المثال، متركزة للغاية. وعندما تصبح خطة الأبحاث ذات الأولوية قادرة على جعل هذه المشكلات جذابة علمياً للباحثين من خارج البلاد، يصير من المحتمل أن تجذب تعاوناً وتمويلاً عالميين إلى المشكلات المحلية أو زيادة إنتاجية الأبحاث أو جلب موارد تشبيكية إضافية لدعمها.

ينبغي معالجة هذه التقييمات والتوصيفات للموارد العالمية والقدرات والتحديات القائمة عبر استراتيجية على المدى البعيد تضع خطة مالية وتبني

القدرات بغية إقامة الاستثمارات محلياً والربط بالقدرات الإقليمية والعالمية حيث يمكن أن تكون مفيدة. ويمكن أن تشمل هذه الخطط استراتيجيات على المدى البعيد لبناء القدرات عبر تدريب العلماء وإقامة استثمارات رأسمالية وإنشاء روابط مع المانحين وغيرهم ممن يمولون مشروعات ذات صلة ووضع استراتيجية تعاون ذات أهداف محددة.

سياسات من أجل البلدان النامية علمياً

إن هذه الرؤية للعلوم التي تتجاوز الدولة القومية هي رؤية تتمتع فيها السلطات المحلية والوطنية والإقليمية بقدرة على ممارسة العلوم اللازمة لحل مشكلات حقيقية. لكن ليس من الضروري أن تكون هذه القدرات متاحة محلياً حتى تكون فاعلة. فلن يكون أي بلد في المستقبل قادراً على إقامة الاستثمار الكامل (full-scale investment) في العلوم من النوع الذي عمدت إليه الولايات المتحدة وبلدان أوروبا الغربية والاتحاد السوفييتي السابق أثناء حقبة القومية العلمية. ومع استمرار حدود العلم في التوسع، فسوف تنتقل جميع العلوم نحو عملية تقاسم الموارد والنتائج. وستقوم البلدان الأفقر أثناء حل مشكلاتها ببناء قدرات سوف تكون بدورها متاحة للبلدان المتقدمة علمياً.

ولحسن حظ حكومات الدول النامية، لم يعد هناك خلاف في المجتمعات المانحة ومجتمعات التنمية حول ما إذا كان الاستثمار في العلوم والتكنولوجيا جديراً بالاهتمام، إذ أصبح هذا الأمر من الحقائق المقبولة. ويلاحظ أن التقارير الأخيرة من جانب الهيئات المانحة وحكومات البلدان المتقدمة والمنظمات غير الحكومية قد سلطت الضوء على أهمية العلوم والتكنولوجيا في ما يتعلق بالتنمية. لقد أنشأ البنك الدولي مكتباً للعلوم والتكنولوجيا لأغراض التنمية في بداية الألفية الثالثة وجعلت الأمم المتحدة العلم إحدى أولويات التنمية.

ورغم أن المشاركة في الاقتصاد العالمي تعتمد إلى حد ما على الاستثمار الوطني في العلوم، لكن هيكلية هذا الاستثمار يجب أن تظهر هيكلية العلوم. وليس من الضروري أن تكون القدرات والبنية التحتية في البلدان النامية علمياً تقليدياً لما يوجد في البلدان المتقدمة علمياً، ولا ينبغي أن تكون. بل يمكن إنشاء القدرات

والبنية التحتية في فرق تعاونية متعددة الجنسيات. ويمكن الوصول إلى البنية التحتية عبر روابط افتراضية بمختبرات أكبر في بلدان أخرى. ويمكن للمؤسسات القائمة الاستعانة بمصادر خارجية في العمليات القياسية؛ ويمكن مثلاً أن تصبح إحدى المؤسسات العلمية الدولية الكبرى وسيطاً لخدمات قياسية. كما يمكن الاستفادة من الباحثين المغتربين الذين يعملون في الخارج لمساعدة بلدانهم الأصلية.

والواقع أن البلدان النامية تتمتع بميزة على البلدان المتطورة، فهي لم تبني نظاماً وطنياً للعلوم في القرن العشرين. ربما بدا ذلك أمراً بدهياً، فمعظم البلدان النامية، بالرغم من ذلك، تريد أن تتمتع بقدرات علمية على درجة عالية من التطور. لكن لأن هذه البلدان لا تملك البيروقراطيات والمؤسسات التي تضمّنها القرن العشرين وكانت السمة المميزة لحقبة القومية العلمية، فهي تتمتع بمرونة أكبر لمتابعة التطورات الجديدة في العلوم. وربما كان غياب القيود المدفوعة وطنياً والمرتبطة بالاستثمارات الضخمة سمة يمكن للبلدان النامية استغلالها عبر بناء نظام تشبيكي أكثر فطنة.

تتمثل القضايا التي تواجه البلدان النامية علمياً في النقطتين التاليتين: (1) تحديد مستوى الاستثمار و(2) كيفية اختيار الأولويات في استثمارات العلوم والتكنولوجيا. تعتمد الحلول على الاحتياجات الوطنية وعلى طبيعة كل مجال، وينبغي أن تخضع مجالات الأبحاث العلمية التي تتسم بقدر أكبر من "قوة الارتباط" (stickiness) إلى مسح عالمي يحدد الموارد الثابتة [غير القابلة للنقل] التي يمكن ربط العلماء المحليين بها. لكن ربما كانت المحفزات ضمن البلدان المتقدمة علمياً على فتح المرافق البحثية أمام الآخرين ضعيفة بسبب بقايا القومية العلمية. ويمكن للمنظمات غير الحكومية أن تساعد في هذا المجال من أجل التفاوض على زيادة الانفتاح أمام الباحثين من البلدان المتأخرة علمياً.

أما بشأن المجالات "الأخف" التي لا يكون فيها الموقع أمراً حاسماً في تقدم الأبحاث، فيجب أن تأخذ الاستراتيجية في حسابها إمكانية تأثير قرارات الاستثمار بعوامل محلية وإقليمية وعالمية. ففي مجال الرياضيات، على سبيل المثال، تحتاج القدرات المحلية إلى استيعاب المعرفة العالمية و"ترسيخها"، لكن لا ضرورة لأن يكون حجم ونطاق الاستثمار في تلك القدرات كبيرين. والواقع أن الفيتناميين أوجدوا

مثل هذه القدرات في الرياضيات باستثمار أولي ضئيل جداً، وتم ذلك جزئياً عبر الربط بين الموارد الموجودة والأشخاص الموجودين.

ثم يمكن اتخاذ القرارات بشأن استثمارات البنية التحتية إما ضمن الحدود الوطنية أو على المستوى المحلي أو الإقليمي، ويتحدد الخيار المناسب بحجم البحوث ونطاقها. فلا يحتاج الباحثون في فيزياء الطاقة المرتفعة إلا بضعة أجهزة تسريع إشعاعي (synchrotrons) مبنوثة في العالم. في حين يحتاج الباحثون في مجال الزراعة إلى مختبرات متوافرة محلياً يمكن أن تتكيف مع الظروف المحلية. وتتطلب هذه الأنواع من خيارات البنية التحتية اتخاذ القرارات على أساس الاحتياجات والقدرات المحلية في كل مجال.

ليس إنشاء وزارة عالمية للعلوم محل هذه التحديات. بل إن وزارات العلوم الوطنية صارت موضع شك أيضاً؛ كما أن المؤسسات الواسعة التي تسعى إلى إدارة تمويل العلوم قد تكون عبئاً كبيراً على كاهل الشبكة. فالشبكات ليست في حاجة إلى خطة رئيسة، والواقع أن هذه الخطط تضيق عليها الخناق. بل من شأن المحفزات والموارد وإفساح المجال للتمويل المفتوح وتبادل الأفكار وحلقات التغذية الراجعة أن تحافظ على المنافع من أجل إنشاء شبكات قوية ومن ثم توزيع القدرات العلمية على نطاق أوسع وبأسلوب أكثر إنصافاً. ويجب أن تكون هذه المبادئ أساساً لأي استراتيجية استثمارية.

ما زالت الأمم تهتم بالسيادة، وسيبقى الاهتمام بفوائد الاستثمار سمة مهمة من سمات السياسات الوطنية. وسنجد في بعض الحالات أمماً ذات سوابق تاريخية تجعل من صياغة مشروعات تعاون إقليمية بين أماكن قرية جغرافياً أمراً عسيراً. بينما نرى في حالات أخرى أن ضعف الحكم السياسي أو الفساد سوف يقف في طريق تكوين سياسات علمية للقرن الحادي والعشرين. ومع ذلك، فقد يسبب النظام الوطني كبير الحجم في حالات أخرى تعقيدات كبيرة للجهود المبذولة من أجل وضع سياسات عالمية مرنة ومفتوحة؛ ومما يدعو للسخرية أن هذه الحال قد تكون صحيحة على الأغلب في الولايات المتحدة. وربما توجب على المؤسسات المستنيرة، مثل المؤسسات الخيرية، أن تتولى زمام المبادرة للتشجيع على زيادة الانفتاح في العلوم والتكنولوجيا وللعمل مع البلدان المتأخرة من أجل إحراز تقدم في تطبيق المعرفة على المستوى المحلي.

سياسات من أجل الأمم المتقدمة علمياً

تواجه الأمم المتقدمة علمياً ثلاثة تحديات في الانتقال إلى عالم الأكاديمية العالمية الخفية. التحدي الأول بينها والأكثر صعوبة هو الانتقال من منظور يعد التعاون الدولي "شأنًا خارجيًا" أو "علاقات دولية" إلى آخر ينظر إلى قاعدة أو مبدأ. والتحدي الثاني هو إعادة تحديد دور هذه الأمم بحيث لا تنظر إلى أنفسها على أنها تمنح المعرفة، بل على أنها تشارك في نظام معقد لإيجاد معرفة تستوعب فيها الموارد وتسهم فيها معاً، ثم لتشارك في هذه المعرفة. أما التحدي الثالث فهو العمل مع كثير من المجموعات المختلفة بهدف تطوير المفاهيم والأدوات اللازمة للتغلب على العراقيل السياسية التي تعيق التعاون والتنظيم الذاتي في العلوم.

ونظراً إلى استثمارها الكامن في القومية العلمية، يمكننا أن نتوقع من البلدان المتقدمة أن تكون أقل فطنة من الأقاليم النامية صناعياً في التفاوض في شأن هذا التحول. فمن الصعب على هذه البلدان تغيير مزيج الاستثمارات - وقد شُبه بتغيير حاملة طائرات إلى استخدامات أخرى - بسبب الجُمود الكامن في المؤسسات والوزارات القائمة. وبرغم ذلك، فإن البلدان المتقدمة ذات مصلحة حقيقية في التعاون والتعاقد. فالتعاون لا يؤمن الوصول إلى موارد فريدة من نوعها فحسب، مثل التربة في البرازيل في حالة "وولفغانغ ويلك"، بل يمكنه أيضاً أن يأتي بطرق جديدة للتفكير في المشكلات، وهو بذلك يعزز الإبداع.

والبلدان المتقدمة علمياً بحاجة أيضاً إلى استراتيجيات لإنشاء الروابط وإقامة المشروعات لأنه لا توجد أمة مهما بلغ غناها تستطيع الاستثمار في جميع جبهات العلوم والتكنولوجيا. وسوف تكون لدى جميع الأمم محفزات متزايدة نحو التعاون، حتى ولو كان الهدف الوحيد منه هو تقليل التكاليف. وعندما يصير من الممكن التشارك في البنية التحتية العلمية وعدم بنائها بوفرة في بلد بعد آخر (مثلما كانت الحال عليه أثناء حقبة القومية العلمية)، تصبح جميع العلوم أكثر كفاءة. من الواضح أن بعض الحالات تتطلب الوصول المحلي إلى المؤسسات والمرافق المهمة للحفاظ على القدرات العلمية. وربما أظهر الربط بالشبكة العامة الموارد اللازمة في حالات أخرى. لذلك ينبغي أن تتخذ هذه القرارات من أجل كل مجال وكل منطقة حسب الموارد والتحديات والاحتياج للاختبار وردود الأفعال المرتبطة بعمليات التعلم على وجه الخصوص.

يلاحظ وجود بعض الاستثمارات بالفعل على غرار ما نوصي به هنا، مثل الاستثمارات المرتبطة بمشروعات العلوم الكبرى، حيث يتم تمويل نشاطات التعاون هذه من عدة بلدان تتحد معاً لأن التكاليف كبيرة جداً ولا يستطيع أي بلد تحملها منفرداً أو لأن منافعها المرجوة سوف تتحقق في المستقبل البعيد. وقد أدت أبحاث الفضاء وبحوث الاندماج إلى مشروعات تعاون مثل هذه. فضلاً عن ذلك، فقد كان علماء الفيزياء الذين يعملون في هذه المشروعات والمجالات المتصلة بها في طليعة الجهود الرامية إلى تبادل نتائج الأبحاث مع أوسع مجموعة ممكنة. ومن المعتاد أن تراهم يضعون البيانات على الشبكة العالمية بانتظام حتى يتسنى لأي شخص استخدامها. كما يقوم كثيرون بنشر أعمالهم ضمن منتدى مفتوح عبر الإنترنت¹³. وبالمقابل، فإن معظم البلدان المتقدمة علمياً تصبح متأخرة عندما يتعلق الأمر بوضع استراتيجية لعلوم موزعة من القاعدة إلى القمة. وكما ناقشنا في الفصول السابقة، فإن مشروعات التعاون الموزعة جغرافياً تزداد بتواتر أسرع من مشروعات التعاون القائمة على المعدات والموارد، وذلك يعود في جزء كبير منه إلى أن الإنترنت قد قلص تكاليف المعاملات المرتبطة بالأعمال الموزعة. وبمثل مشروع الجينوم البشري واحداً من الأمثلة البارزة على تشارك المهام عبر الفضاء الجغرافي، إذ يضم ستة بلدان تشارك المهام والبيانات على نحو موزع¹⁴. ومع ازدياد مشروعات التعاون الموزعة، يصبح السؤال الوارد هو عن كيفية الحصول على المعرفة التي يتم إنتاجها ضمن مختبرات واقعة في أماكن قصية. إن القبول بأهمية القرب الجغرافي في بعض مجالات العلوم أو في مرحلة ما من العملية البحثية سوف يؤدي بوضعي السياسات والباحثين إلى العمل معاً إلى استخدام اتصالات افتراضية من أجل تقريب المسافة الجغرافية. وإذا كانت المعرفة الحاسمة تنتج في مكان بعيد، يصبح الحصول على الخبرة اللازمة لاستيعاب هذه المعرفة محلياً هو التحدي الرئيس.

تشمل الخطوات الأولى الأساسية تحديد المواقع في جميع أنحاء العالم ورسم خرائط لها تبين أماكن إجراء الأبحاث الجيدة ومساعدة العلماء في الحصول على هذه المعلومات. يقدم "مركز المعلومات الياباني للعلوم والتكنولوجيا" الممول من حكومة البلاد هذه المعلومات منذ سنوات للناس والمجتمع العلمي على حد سواء.

وينبغي على الحكومات الأخرى أو المنظمات غير الحكومية أن تنظر في القيام بدور مماثل في نشر المعلومات عن المشهد العلمي.

إضافة إلى ذلك، يتعين على واضعي السياسات تشجيع الناس على فهم العلوم والتكنولوجيا والمشاركة في عملية سياسات العلوم من أجل التخطيط للمستقبل بفاعلية. وعندما تواصل اقتصاديات العالم نموها نحو المجتمعات القائمة على المعرفة، وعندما تصبح المجتمعات القائمة على المعرفة مستندة إلى العلوم والتكنولوجيا، فلا بد أن يصل الناس إلى فهم العلوم والتكنولوجيا. كذلك فإن إسهام الجمهور حاسم في عملية صنع القرار، وهي أبعد من مجرد اعتماد خيارات قائمة على السوق في ما يتصل بالمنتجات التكنولوجية، فالتوترات الاجتماعية حول وتيرة التغيير قد تكون مدمرة جداً. ومن شأن مشاركة الجمهور في صنع القرار حول الاستثمارات العلمية أن تخفف من هذه التوترات.

إن المطلوب في النهاية هو سياسات تركز لا على التنافس العلمي مع الأمم الأخرى بل على التعاون العلمي والتنسيق العلمي. أما السماح للدوافع السياسية بتحديد موضوع التعاون أو أدواته فهو إغراء ينبغي على الحكومات تجنبه. قد تدفع التوجهات السياسية إلى التعاون العلمي مع أمة بعينها (سواء كانت العلوم المعنية مفيدة أم لا)، لكن هذا غير فاعل على الصعيد العلمي. وينبغي كذلك تجنب معاهدات التعاون الثنائي، بل يجب تمويل العلوم بدلاً من ذلك بهدف تحقيق الأهداف العلمية والاجتماعية وليس الأهداف السياسية.

توجيه الشبكات

إذا أراد واضعو السياسات في كل من البلدان النامية والمتقدمة المشاركة الفاعلة في الأكاديمية العالمية الخفية، فينبغي عليهم تعلم كيفية إدارة الشبكات الناشئة ومتابعتها، إذ يستعذر التحكم بهذه الشبكات؛ بل يمكن توجيهها فقط. لتذكر أن الشبكات تتطور باستمرار بناء على احتياجات أعضاء الشبكة وعلى المحفزات المقدمة والمتاحة لأعضاء الشبكة من أجل الانضمام إلى المجموعة والبقاء ضمنها. وغالباً ما نرى أن هذه الاحتياجات والمحفزات في حالة العلوم تتمحور حول الرغبة في الاعتراف والتقدير بالمعنى الأوسع. ونتيجة لذلك، فإن عملية الارتباط التفضيلي - التي تساعد على

الأرجح في حل مسألة علمية أو تحقيق هدف محدد - هي التي تحدد شكل نمو الأكاديمية العالمية الخفية. وكما رأينا، فإن الأشخاص الذين يتمتعون بأعلى قدر من التواصل مرثيون و"أغنياء" بالموارد ولذلك فهم يزدون من اتصالاتهم على نحو أسرع من أقرانهم الأقل تواصلاً، وهذا يسمح للمحاور المؤثرة أن تعزز مكانتها كنقاط أو مراكز جاذبة للنشاط والتبادل ضمن الشبكة. كذلك فإن مكانتها تمنحها إمكانية التأثير في الاتصالات وعمليات التبادل في المستقبل، الأمر الذي يجعلها قوية على نحو غير متكافئ في تحديد شكل العمليات البحثية ونتائجها.

المبادئ التوجيهية التالية مستمدة من نظرية الشبكات التي يعرضها هذا الكتاب. ولتعزيز إنتاجية العلوم العالمية وتشجيع الباحثين على التنظيم الذاتي حول مسائل ذات اهتمام محلي أو وطني أو إقليمي، ينبغي على واضعي السياسات: - دعوة "الأبطال" أو العلماء ذوي التأثير الكبير للمساعدة في تنظيم الأبحاث أو قيادتها. فغالباً ما يقوم "الأبطال" بدور "حراس" الموارد العلمية ويمكن أن يشملوا باحثين جدد أيضاً.

- تسهيل التفاعل بين العديد من الأطراف الفاعلة، وخاصة عبر اللقاءات وجهاً لوجه في الندوات والمؤتمرات وكذلك عبر تمويل الرحلات الدولية والدراسات قصيرة الأجل.

- إيجاد محفزات لتنظيم العمل في مسائل بحثية مهمة، وتقييم هذه المحفزات اعتماداً على ردود فعل "السوق" في أثناء سعي الباحثين لإجراء الأبحاث.

- وضع أهداف للأبحاث تتوافق مع الإمكانيات غير المباشرة على المستوى المحلي.

- إيجاد ظروف ملائمة لتبادل المعارف والأفكار والبيانات والمعلومات المدونة. يمكن أن تشمل الخيارات الحوسبة الشبكية وفتح مواقع الإنترنت والمسح بحثاً عن معلومات مهمة وإيجاد مشروعات مثل "برنامج علم الحدود البشرية" (Human Frontiers Science Program) يتم إنشاؤها وتمويلها من أجل التعاون الدولي على وجه الخصوص.

- تمكين الفرق من وضع الخطوط العريضة لقواعد التفاعل بدلاً من السماح بوضع قواعد المشاركة هذه سابقاً من قبل هيئة أو مؤسسة ما. ربما كانت المبادئ

التوجيهية مفيدة، لكن يتعين على كل فريق أن يضع قواعده الخاصة للتعاون وإدارة الملكية الفكرية ونشر المعلومات.

- تأمين المعلومات الكاملة عن العلوم على المستويات المحلي والوطني والإقليمي والعالمي على نحو يمكن العلماء المحليين من معرفة ما يحدث في الأماكن المتعددة التي تجري فيها الأبحاث.

دور المنظمات والمؤسسات في قرن التشبيك

لا يمكن أن تحل الشبكات محل المنظمات والمؤسسات، بل تغير طريقة تشغيلها. وكما لاحظ آخرون، فإن لدينا فهماً جيداً نسبياً لكيفية إيجاد مؤسسات تديرها قواعد ثابتة ومسؤولة وبقدر معقول من الفاعلية في البناء العمودي الذي نسميه التخصصات والمؤسسات المعروفة والدول القومية المقيدة جغرافياً. لكن ليست لدينا مؤسسات كافية أو قدرات لقيادة المسؤولية الأفقية عبر الولايات [الدول] أو حتى عبر التخصصات الأكاديمية. والسؤال الوارد لدينا هو ما إذا كان من الممكن أن تحل الشبكات مكان بعض الأدوار التي ربما كانت المؤسسات الأفقية تود أن تؤديها. وكانت قد مرت هذه التجربة، على سبيل المثال، "بمجموعة الأبحاث الاستشارية الزراعية الدولية" (CGIAR) التابعة للبنك الدولي التي تعمل كشبكة تتمتع بدرجة كبيرة من الاستقلالية ضمن المؤسسة الأم، إذ تقدم الشبكات نوعاً من المرونة وقابلية التكيف لا يمكن أن تقدمه المؤسسات، وربما كانت هيكلية الشبكة هي الهيكلية المفضلة لإيجاد مؤسسة جديدة في حالات يكون فيها وجود هيكلية مرنة وقابلية للتكيف أمراً ضرورياً.

إن التمويل هو المسألة الأساسية التي تتبع التغير، وهي مسألة سيأخذ فيها إيجاد الحل المنطقي وقتاً، إذ لا يمكننا تغيير الروابط السياسية بين العلوم والتمويل الوطني العام بين عشية وضحاها، وربما كنا لا نريد التغير بسرعة كبيرة على أي حال. كذلك فإن العلم يخدم الجماهير الديمقراطية، ولذا ما زال يجب على ممارسي العلوم أن يكونوا مسؤولين أمام الجماهير. يتم تقديم هذه الخدمات حالياً عبر الدول القومية، وهذه الحال تتغير ببطء إذ يصبح تقديم الخدمات يجري عبر جمهور أوسع. يجب أن يفهم الناس فوائد اكتساب العلوم كمصدر عالمي يمكن الاستفادة منه

محلياً، ومع تنامي هذا الوعي، ستجد الهيكليات المديرة طرقاً جديدة لتحويل المسألة إلى مكاسب محلية. وللقيام بذلك، سوف يحتاج واضعو السياسات إلى إيجاد طرق جديدة لقياس العوائد على العلم استناداً إلى امتدادها العالمي. عند ذلك، يصبح منطق التمويل المفتوح للعلوم أكثر قبولاً ويصير أمراً حتمياً.

ثمة نماذج أخرى للتمويل تحتاج إلى النظر فيها وتطويرها في الوقت نفسه. ويمكن لحركة البرمجيات ذات المصدر المفتوح أن تؤمن مثل هذه النماذج، إذ لا يوجد تمويل مركزي للبرمجيات ذات المصدر المفتوح، بل يقدم التمويل من قبل مشاركين أفراد في الشبكة. ويتم التفاوض ضمن الشبكة في مسائل امتلاك حقوق الملكية الفكرية. كذلك فإن تشارك المعرفة يحدث مع الجميع، مما يشجع على الإبداع وتعزيز المشاركة ضمن حلقة فاعلة. ونتيجة لذلك أصبحت إنتاجية الحركة ذات المصدر المفتوح هائلة. وبالمثل، فقد ركزت النقاشات في تمويل نشر المؤلفات العلمية المحكمة على التحول من جعل القارئ يدفع لقاء الحصول على المؤلفات إلى جعل المؤلف يدفع لقاء نشر مؤلفاته.

ومع ظهور هذه النماذج الجديدة، ينبغي أن نسمح بزوال المعاهدات بين الأمم والاتفاقيات رفيعة المستوى المتعلقة بالعلوم. ويجب ألا يكون العلم موضوع مقايضة أو محاباة سياسية، إذ لا يمكن للتنافس الدولي على المصادر العلمية إلا أن ينتقص من كل العلوم. كما يجب على واضعي السياسات بدلاً من ذلك تشكيل تحالفات مكلفة بمعالجة مشكلات علمية وتقنية رائدة والتعاون لإنتاج المحفزات على حل هذه المشكلات. وعندما يصل العلماء في كل مكان إلى مستوى هذه التحديات الكبرى، ينبغي على واضعي السياسات التنحي جانباً وترك الأكاديمية العالمية الخفية تقوم بعملها.

قياس قدرات العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني

انجز هذا العمل بالتعاون مع "إدوين هورلينغز"، معهد راثينو، لاهاي، هولندا،
و"إريندام دوتا"، مؤسسة "راند"، سانتا مونيكا، كاليفورنيا.

إن قدرات البلاد على المشاركة في الاقتصاد العالمي القائم على المعرفة وفي المشروعات البحثية التعاونية تعتمد على المستوى الدولي على قدراتها في العلوم والتكنولوجيا إلى حد كبير¹. يقدم هذا الملحق نظام التصنيف الذي نستخدمه لقياس القدرات في العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني.

تعرف القدرات في العلوم والتكنولوجيا، لغايات تتصل بهذه العملية، بأنها القدرة على استيعاب المعرفة التخصصية والاحتفاظ بها وعلى استغلالها لإجراء الأبحاث وتلبية الاحتياجات وتطوير منتجات وعمليات تتمتع بالكفاءة. تختلف القدرات في العلوم والتكنولوجيا عن مخرجات العلوم والتكنولوجيا. إن السؤال عن أي البلدان التي تنتج قدرأ أكبر من المخرجات العلمية سؤال مثير للاهتمام بحد ذاته. ويمكن معالجته بترتيب البلدان حسب مؤشرات مثل عدد الدراسات العلمية أو براءات الاختراع المنشورة أو المقدمة سنوياً. لكن كثيراً من البلدان ربما تكون غائبة عن هذا الترتيب. وربما قدم هذا الترتيب أيضاً فكرة موجزة عن قدرة البلدان النامية على توسيع قدراتها في العلوم والتكنولوجيا مستقبلاً أو الانضمام إلى مشروعات التعاون الدولية أو استخدام الموارد المتاحة لبناء المزيد من القدرات. ومع ذلك، فإن هذه البلدان هي التي لديها الرغبة الكبرى في الانضمام إلى مجتمع العلوم

والتكنولوجيا الدولي. وتبعاً لذلك، يمكن لمؤشر يركز على القدرات أن يعطينا أفكاراً لا يمكن الحصول عليها بدراسة المخرجات وحدها.

إن المؤشر الموصوف هنا، والذي يدعى "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا" 2002 (STCI-02) - يقارن البنية التحتية للعلوم والتكنولوجيا وقدرات استيعاب المعارف عبر البلدان². لكنه لا يقيس مدى مضي البلد قدماً على جبهات معارف العلوم والتكنولوجيا أو إنتاج منتجات العلوم والتكنولوجيا. كذلك لا يعني ارتفاع مقياس القدرات أن النشاط العلمي يجري فعلياً في ذلك البلد، بل يشير فقط إلى وجود ظروف ذلك النشاط. ومن ثم، يمكن أن يظهر بلد ينتج القليل من المخرجات العلمية، مثل نيوزيلندا، في مركز متقدم نسبياً على المؤشر لأنه يتمتع بقدرات كبيرة في العلوم والتكنولوجيا، بالرغم من أن نظامه الاقتصادي لا يستغل هذه الإمكانيات حالياً. ويتبع هذا المؤشر نهجاً مكماً لجهود القياس التي تركز على المخرجات التكنولوجية، مثل مؤشر الإنجازات التكنولوجية (Technology Achieve-ment Index) ومؤشر أركو (ArCo Index)³، عبر التركيز على الظروف الكامنة وراء القدرات.

ومما لا يقل أهمية عما سبق أن المؤشر يقيس الفروقات الدولية النسبية فقط ولا يمكن استخدامه لتتبع تطور قدرات أمة واحدة عبر الزمن. فضلاً عن ذلك، فإن التركيز على القدرات على المستوى الوطني لا يستطيع أن يعطي سوى صورة جزئية عن كيفية توزيع إمكانيات العلوم والتكنولوجيا في العالم. نستخدم هنا مصطلح "البلد" أو "الأمة" على أنه الوحدة التعريفية للتحليل والسبب في ذلك إلى حد بعيد هو كيفية جمع البيانات وإبلاغها، وبذلك تكون الدولة القومية بمنزلة نظام مرجعي⁴. كما أن أموال الأبحاث والتطوير غالباً ما تخصص على المستوى الوطني وتوزع عبر مؤسسات واقعة في البلاد. لكن المعرفة لا تعترف بالحدود السياسية. ويمكن أن تمتد "حدود المعرفة" إلى مناطق فرعية وكذلك إلى أقاليم تعبر الحدود الوطنية، حتى ضمن بلدان بعينها⁵. وهناك، على سبيل المثال، بعض نظم الابتكار الوطنية ضمن أمريكا الشمالية تتميز بأنها نظم قوية جداً. أما في الاتحاد الأوروبي، فنظام العلوم والتكنولوجيا متكامل على نحو جيد جداً على المستوى فوق الوطني⁶. وعموماً، كما يقول هذا الكتاب، فإن نظام المعرفة العالمي الناشئ يغير طريقة عمل النظم الوطنية.

اختيار المؤشرات

إننا ندرك أثناء اختيار أحد المؤشرات ليكون "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا - 02" أن قدرات العلوم والتكنولوجيا بناء نظري، إذ لا يمكن تحديد حجمها وعلوّها مباشرة، ناهيك عن الدقة في التحديد. علينا بدلاً من ذلك الاستناد إلى سلسلة من المتغيرات الاستدلالية. وبذلك تكون المؤشرات المختارة لتعطي مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا مستندة إلى تقييم للعوامل التي تمكن البلدان من استيعاب المعرفة والاحتفاظ بها واستخدامها وإيجادها. ونتيجة لذلك، نرى تراكباً بين بعض القياسات من حيث السمات التي يجري تقييمها.

لقد استقيت معظم البيانات المتوفرة من مصادر منشورة، مثل تقارير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي عن التنمية البشرية. وربما سمح جمع البيانات مباشرة بضبط تحديد البيانات وجودتها وفقاً لاحتياجات العملية. لكن نظراً للكلفة الزمنية والمالية التي يمكن أن يتطلبها هذا الجهد، اخترت أن أعتمد على بيانات إحصائية نشرتها كبرى المنظمات الدولية، وهي مصادر موثوقة للمعلومات لديها سجل طويل من جمع البيانات وتنسيقها.

وبأخذ هذه الظروف بالحسبان، اخترت المؤشرات الكمية الثمانية التالية:

- الناتج المحلي الخام للفرد محسوباً بالقوة الشرائية للدولار⁷.
 - نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية⁸.
 - عدد العلماء والمهندسين المشاركين في الأبحاث والتطوير لكل مليون نسمة⁹.
 - عدد المؤسسات البحثية لكل مليون نسمة¹⁰.
 - حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير من قبل مصادر عامة وخاصة كنسبة من الناتج المحلي الخام¹¹.
 - عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة¹².
 - عدد المقالات المنشورة في مجالات العلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة¹³.
 - الحصة المثقّلة لكل بلد من جميع الدراسات التي تم تأليفها بتعاون دولي¹⁴.
- وكما أشرنا في الفصل السادس، تقسم هذه المؤشرات إلى ثلاث فئات. ويمثل الناتج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية مثالين على العوامل المساعدة، ويمثل عدد العلماء والمهندسين وعدد

المؤسسات البحثية ومقدار الإنفاق على الأبحاث والتطوير الموارد المتاحة للعلوم والتكنولوجيا، أما عدد براءات الاختراع ومجلات العلوم والتكنولوجيا، إضافة إلى الحصة النسبية للبلاد من الدراسات المؤلفة بتعاون دولي، فيقيس المعرفة الكامنة.

اضطررنا عند اختيار هذه المؤشرات إلى إيجاد توازن بين التغطية (عدد البلدان أو الأقاليم أو الوحدات الأخرى المشمولة في التحليل) والشمولية (عدد أبعاد العلوم والتكنولوجيا وتنوعها). ومن الواضح أنه من المستحسن التركيز بشدة على المؤشر، أي تحديد غايته وما يقيسه وما لا يقيسه، لأنه لا يمكن لأي مؤشر أن يغطي الشريحة الكاملة من الأبعاد المرتبطة بمجال موضوع ما. وترتبط التغطية ارتباطاً وثيقاً بالشمولية: وكلما زادت تفاصيل البيانات، كلما أمكن تقليص عدد البلدان أو الأقاليم أو المجموعات الاجتماعية المشمولة. وهذا صحيح بوجه خاص في كثير من البلدان النامية حيث يتم جمع كمية أقل من البيانات وتكون المعلومات الإحصائية أقل موثوقة¹⁵. لكن لا بد من أن تؤدي أي مقارنة دولية واسعة عبر مجموعة من المتغيرات إلى مشكلات تتصل بتوافر البيانات. وتبعاً لذلك، فقد سعينا إلى إنشاء المؤشر بحيث يشمل أكبر عدد ممكن من البلدان، لكن اللائحة النهائية لا تغطي العالم بأسره.

ينطوي إيجاد التوازن بين التغطية والشمولية على الاختيار من بين الخيارات الثلاثة التالية: (1) استخدام عدد أقل من المتغيرات و(2) تقليل عينة البلدان و(3) إيجاد طرق إحصائية للإبقاء على عينة البلدان كاملة ومجموعة المتغيرات كاملة.

اخترنا الخيار الثاني بعدما تبين لنا أننا بالتخلص من المتغيرات قد نضحي بأكثر مما سنكسب مع اتساع نطاق التغطية. وربما أوحى هذا الخيار بوجود تحيز في "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا 02" نحو البلدان المتقدمة جداً. ومن جهة أخرى، فإننا نفترض أن فرص إغفال قدرات نسبية في العلوم والتكنولوجيا سوف تختلف مع تساؤل حجم البيانات. وهذا ما يشير إليه الجدول أ-1، حيث تظهر تغطية البيانات.

بدأنا بلائحة من 215 بلداً ومنطقة اعتماداً على ما نشر من بيانات إحصائية دولية. واستثنينا 32 من المناطق التابعة والدول الصغيرة التي كانت بياناتها شحيحة للغاية، مثل أندورا وسان مارينو، وكذلك توفالو وتونغا ودول أخرى بين جزر

المحيط الهادئ، فأصبحت اللائحة من 183 بلداً. ثم استبعدنا البلدان التي لم تتوافر لنا بيانات خاصة بها من أجل واحد أو أكثر من المؤشرات الثمانية، كما يبين الجدول أ-1. وتمثل الدول الـ 76 المتبقية أكثر من 80 بالمئة من سكان العالم، وهي التي كانت بياناتها لدينا كافية للمؤشر.

تناولنا احتمال أن يؤدي الاعتماد على هذه المجموعة الفرعية إلى تحيز المؤشر عبر رسم منحنيات "لورينز" لتوزيع الدخل في البلدان ضمن العينة ولجميع البلدان والمناطق التابعة الـ 215 في العالم. وأظهر هذا التحليل أن التوزيع يكاد يكون متطابقاً، بالرغم من أن العينة تمثل تغطية أعلى من أجل الناتج المحلي الخام للفرد. ثمة تحيز طفيف نتيجة لذلك، لكنه لا يؤثر على صحة المؤشر أو دلالاته (representativeness).

الجدول أ-1. ملخص عن تغطية ببلقات البلدان المحسوبة في مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا^(*)

عدد المؤشرات المشمولة في أبحاث البيانات العالمية							
المؤشرات الثمانية	كلها	سبعة	ستة	خمسة	أربعة	ثلاثة	اثنان
المؤشر واحد أو لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد
عدد البلدان التي تميز هذا المستوى من البيانات	76	19	25	22	4	5	31
معدل الناتج المحلي الخام للفرد (2000 دولار)	8.329	5.094	1.763	3.006	13.236	1.748	3.386
النسبة من سكان العالم التي تعكسها البيانات	82.4	3.3	8.7	3.7	0.5	0.5	0.9
النسبة من الناتج المحلي الخام العالمي التي تظهرها البيانات	92.7	2.2	2.1	1.5	0.9	0.1	0.4
0.1							

(*) لا يشمل المؤشر سوى البلدان التي تتميز بوجود جميع المؤشرات الثمانية، وتمثل هذه البلدان في البيانات الواردة في العمود بالأسود البارز.

سنة الأساس هي 2000

إنشاء المؤشر

قمنا بعد اختيار المتغيرات بجمع المؤشرات كلها ضمن مؤشر واحد وذلك بتحويلها إلى صيغة مشتركة والتحقق من اتساقها وارتباطها واختيار طريقة التثقيل أو "الوزن" المناسبة من الناحية النظرية. ويقدم هذا القسم البيانات والتحليل بطريقة تسمح للباحثين الآخرين بإعادة حساباتنا وتنقيح المؤشر باستخدام معلومات جديدة وإضافة المتغيرات أو حذفها بحسب الرغبة.

تحويل المؤشرات إلى صيغة مشتركة

يجب أن تكون المؤشرات قابلة للمقارنة حتى تتمكن من استخدامها، كما في الدراسات المالية حيث يعبر عن القيمة بالعملة نفسها (مثل الدولار). وينبغي تحويل البيانات المأخوذة بوحدات مختلفة (أرقام تقريبية ونسب مئوية وما إلى ذلك) إلى صيغة مشتركة. فبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، على سبيل المثال، يحول البيانات لديه حول الناتج المحلي الخام للفرد ومتوسط العمر المتوقع والتعليم إلى متغيرات بقيمة بين 0 و 1 قبل جمعها ضمن مؤشر التنمية البشرية¹⁶. يساعد هذا الأسلوب على تقليل أثر القيم المتطرفة وانتحاء (Skewness) توزيع المتغيرات. وقد اخترنا الحفاظ على هذه المعلومات إلى أكبر حد نوعاً ما عبر تحويل الأرقام الواردة في مجموعة البيانات لدينا إلى مقدار البعد عن قيمة وسطية دولية. ويعبر عن هذا البعد بنسبة مئوية من الانحراف المعياري لكل متغير. ومن نتائج هذه العملية أن إضافة بلد واحد إلى مجموعة البيانات سوف يغير نقاط جميع البلدان الأخرى. وبعبارة أخرى، فإن موضع كل بلد على المؤشر نسبي تماماً.

الاتساق والارتباط

إذا أردنا أن يكون المؤشر متسقاً، فيجب أن يكون لكل مؤشر النوع ذاته من التأثير في النتيجة المركبة. فمثلاً، إذا كانت قيمة أحد المؤشرات تراوح بين -1 و +1 وقيمة مؤشر آخر تراوح بين 0 و +1، فلن يكون المؤشر متسقاً داخلياً لأن المؤشر الأخير يمكن أن يترك تأثيراً سالباً (كانت القيم الأصلية في حالتنا موجبة جميعها وتتراوح بعد التحويل من نحو -2 إلى +6). ويظهر هذا التضارب أيضاً مع مؤشر

يترك أثراً موجباً مع انخفاضه. وأخيراً، يمكن أن تكون متغيرات المكونات المختلفة بدائل أو مكملات. مثلاً إذا كان لدينا مؤشران مرتبطين ارتباطاً وثيقاً جداً، فقد يجعلنا ذلك في الواقع نقوم بحساب مزدوج للتأثير (إذا كان R قريباً من -1) أو قياسه عكسياً (إذا كان R قريباً من 1). وفي هذه الحالة، فإن المؤشرين يلغي كل منهما الآخر.

تساعد ثلاثة اختبارات في تحديد الاتساق الداخلي للمؤشر. ويبين تحليل توزع القيمة حول المتوسط الحسابي درجة حساسية المجموع للتباين في قيمة كل متغير. ولأن التوزيع حول المتوسط الحسابي يمكن أن يختلف من أجل كل متغير، فإنه من المهم أن نعرف كيف ستؤثر هذه الفروقات في المؤشر المركب. يبين الجدول أ-2 معلومات موجزة عن المؤشرات. وتشير قياسات الميل إلى أن توزع المصادر المساعدة (النتائج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية) ضمن العينة هو توزع طبيعي تقريباً. لكن القيم المتطرفة في النطاقات العليا على وجه الخصوص تترك أثراً أكبر على المتغيرات التي تمثل الموارد والمعرفة الكامنة. وهذا الأمر صحيح بوجه خاص من أجل المؤسسات البحثية ومؤشر التعاون في كتابة المؤلفات وعدد براءات الاختراع.

ويشمل الاختبار الثاني حساب العلاقات المتبادلة بين كل من المتغيرات لمعرفة البدائل والمكملات. يبين الجدول أ-3 وجود علاقة ارتباط موجبة بين جميع المؤشرات، فلا نجد مؤشرين يلغي أحدهما الآخر. ويدل ذلك على أن المؤشرات المختارة هي مؤشرات مكملة. إضافة لذلك، فقد بلغت معظم معاملات الارتباط [العلاقات المتبادلة] قيمة كبيرة عند مستوى 1 بالمئة. وكانت أقوى العلاقات المتبادلة التي وجدناها بين النتائج المحلي الخام وعدد العلماء والمهندسين والإنفاق على الأبحاث والتطوير وعدد المقالات المنشورة وعدد براءات الاختراع. ونتيجة لذلك، من المحتمل أن يتم قياس بعض الآثار مرتين (مثل الاختراعات الحاصلة على براءة اختراع المعروضة في المقالات أو إنفاق أموال الأبحاث والتطوير على العلماء والمهندسين أو آثار تنامي الإنفاق على الأبحاث والتطوير).

الجدول أ-2. وصف إحصائي للمؤشرات

العوامل المساعدة	المتوسط الحسابي	القيمة الوسطية	الانحراف المعياري	القيمة الدنيا	القيمة العظمى
نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية	9.66	9.75	6.38	0.721	27.40
الناتج المحلي الخام للفرد	13,193	9,409	9,648	0.470	34,142
الموارد					
عدد المهندسين لكل مليون نسمة	1,333	1,170	1,258	0.871	4,960
عدد المؤسسات لكل مليون نسمة	7.57	2.53	13.80	4.170	91.75
كسبة من الناتج المحلي الخام					
الناتج					
مؤشر التعاون في كتابة المؤلفات	437	167	652	2.550	3,220
عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة	31.16	1.34	56.36	2.215	343.61
عدد المقالات المنشورة في مجالات العلوم والتكنولوجيا	218.18	92.70	273.19	1.269	954.92

الجدول 3-3. مصفوفة العلاقات المتبدلة في مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا

الناتج المحلي إجمالي للفرد محسوبا بالقوة الشراعية للدولار	إجمالي الالتحاق				عدد العلماء للمليون نسمة
	عدد الدراسات العلمية المنشورة لكل مليون نسمة	عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة	الحصة النسبية من المقالات التي تمت كتابتها بتعاون دولي	بالدراسات العليا في الجامعات العلمية	
1	0.855 ^(**)	0.742 ^(**)	0.612 ^(**)	0.535 ^(**)	0.792 ^(**)
	1	0.764 ^(**)	0.621 ^(**)	0.476 ^(**)	0.760 ^(**)
		1	0.564 ^(**)	0.340 ^(**)	0.734 ^(**)
			1	0.295 ^(**)	0.562 ^(**)
				1	0.569 ^(**)
					0.777 ^(**)
					0.504 ^(**)
					1
					1

المصدر: حسابات المؤلف.
 (**) يكون الارتباط مهما في "ارتباط بيوسون" عند المستوى 0.01 (ثانية الذيل).

ويرتبط الاختبار الثالث بالاتساق مع الزمن. إذ يمكن أن نرى تغيراً كبيراً في التقلبات ومعدلات النمو من أجل كل مكون. فإذا كان لأحد المكونات معدل نمو وسطي أعلى أو تقلبات سنوية أقوى، فإن تأثيره على المؤشر المركب مع مرور الزمن وعند أي مكون معطى قد يكون أكثر أهمية وقد يتغير بوضوح أكبر من المؤشرات الأخرى. لذلك اخترنا ما إذا كانت طريقة إنشاء المؤشر تأخذ هذه الاحتمالية في اعتبارها (هذه النتائج غير معروضة هنا).

واستناداً إلى هذه الاختبارات الثلاثة، يمكننا أن نخلص إلى أن "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا 2002" متسق داخلياً، وقيمتها المركبة ليست حساسة للقيمة المطلقة لمكوناته، إذ يمكن أن تتراوح جميع المكونات بين قيم سالبة وموجبة، لكنها تسهم جميعها في القيمة الكلية بالطريق نفسها (موجبة)، كما تبين معاملات الترابط. ويتحدد مدى إسهام المؤشرات في المؤشر المركب ليس فقط بقيمتها المطلقة أو المحولة، بل أيضاً بالوزن المعطى لكل مكون.

عمليات الوزن أو التثقيف

بعد اختيار المؤشرات اختياراً صحيحاً، وبعد تحويل قيمها إلى صيغة مشتركة والتحقق من الاتساق الداخلي للمؤشر، يمكن حساب المؤشر المركب. إذا تم التعبير عن المكونات بوحدة مشتركة (مثل الدولار أو عدد الأشخاص)، فلا داعي لوزنها أو لتثقيفها. ومع ذلك، فليست المكونات عادة قابلة للمقارنة، ولا يمكن جمعها أو حساب قيمتها الوسطية ببساطة حتى بعد تحويلها إلى صيغة مشتركة، لذلك لا بد من وزن أو تثقيف المؤشرات من أجل إنشاء المؤشر المركب. تبين المعادلة التالية الطريقة التي استخدمناها لحساب المؤشر والدور الذي يؤديه وزن المؤشرات في هذه العملية:

$$(ST_i = \frac{\sum_{j=1}^J \left(\frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \right) \cdot w_j}{w})$$

في هذه المعادلة:

ST_i هي قيمة "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا" من أجل البلد i .

x_{ij} هي قيمة المؤشر j من أجل البلد i .

Xz - المعدل الدولي للمؤشر z

σz - الانحراف المعياري للمؤشر z

J - إجمالي عدد المؤشرات

Wz - الوزن المعطى للمؤشر z

W - مجموع جميع الأوزان

يمكن استخدام ثلاث طرق لوزن أو لتثقيل المؤشرات غير القابلة للمقارنة:

1. عدم اختيار أي وزن (فتكون جميع الأوزان بقيمة 1)؛
2. اختيار أوزان اعتباطية بعد إجراء تحليل للحساسية من أجل تحديد مجال عمليات الوزن أو التثقيل التي يكون المؤشر قوياً ضمنها؛
3. اشتقاق الأوزان إحصائياً عبر تحليل العوامل.

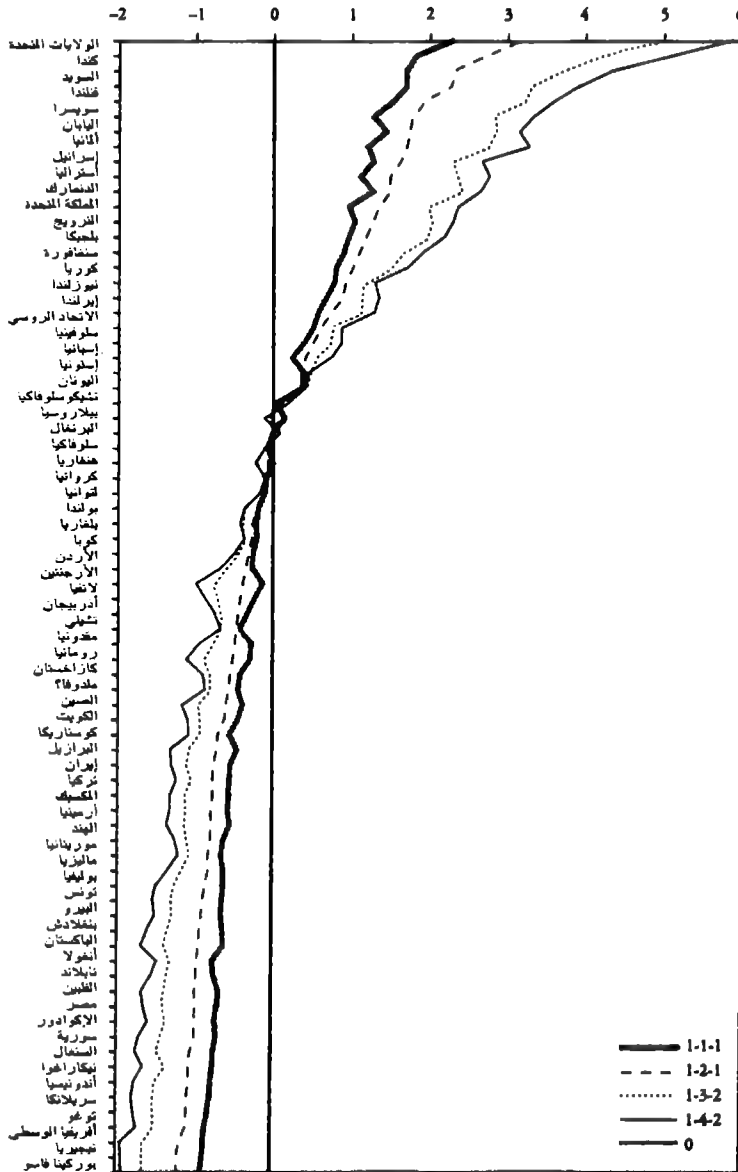
قمنا بتنفيذ الأسلوب الثاني باختبار عدد من عمليات التثقيل المختلفة. وأعطينا الأوزان لكل نطاق بين النطاقات الثلاثة لقدرات العلوم والتكنولوجيا: العوامل المساعدة والموارد والمعرفة الضمنية دون أن تكون المؤشرات موزونة أو مثقلة ضمن كل نطاق. وأعطينا للموارد في كل حالة وزناً مساوياً أو أكبر من الفئتين الأخرين من المتغيرات لأن هذا النطاق يقيس القدرات عن كثب أكثر. يبين الجدول أ-4 عمليات التثقيل الأربع التي اخترناها.

الجدول أ-4. عمليات الوزن أو التثقيل من أجل 'مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا'

رقم عملية التثقيل	العوامل المساعدة	الموارد	المعرفة الضمنية
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	3	2
4	1	4	2

ويبين الشكل أ-1 كيفية تأثير عمليات الوزن أو التثقيل المختلفة في المؤشر. نلاحظ أن نطاقي الموارد والمعرفة الضمنية يتسمان بتوزيع أكثر ميلاً عبر البلدان من توزيع العوامل المساعدة. فعندما نزيد الوزن المعطى لهذين النطاقين، تصبح الفروقات الدولية أكثر وضوحاً لوجود تحيز إلى البلدان ذات الإنجازات الأفضل على حساب البلدان المتأخرة وراء القيمة المتوسطة الدولية. ربما كان من الأفضل

الحد من هذا التحيز، لكننا نريد في الوقت نفسه إعطاء وزن أكبر للمؤشرات التي تمثل الموارد، لأن هذه المتغيرات أقرب لتكون قياسات مباشرة لقدرات العلوم والتكنولوجيا. لذلك اخترنا تنفيذ عملية الوزن أو التثقيل الثانية التي تعطي الموارد ضعف الوزن الذي تعطيه للنطاقين الآخرين.



الشكل أ-1. تأثير عملية الوزن أو التثقيل على التوزيعات

مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا - 2002

يقدم "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا 2002" تحليلاً كاملاً لبيانات مأخوذة من 76 بلداً (عد إلى الجدول 6-1 للحصول على الترتيب الكامل لهذه البلدان). وكما هو موضح في الفصل السادس، فقد قسمنا البلدان في مجموعة البيانات إلى أربع فئات استناداً إلى النقاط التي سجلتها وفق المؤشر:

1. يكون البلد متقدماً إذا كانت نقاطه أعلى بمقدار انحراف معياري واحد فوق المعدل الدولي.

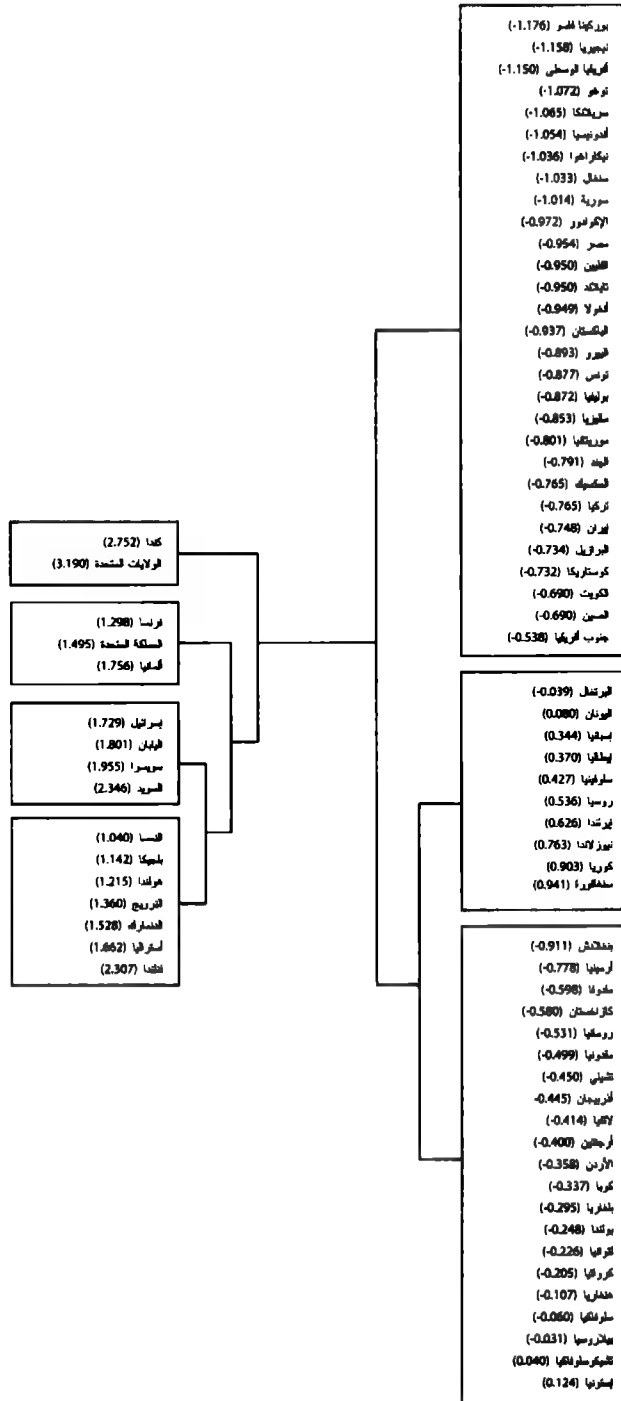
2. يكون البلد ذا كفاءات إذا كانت نقاطه بين المعدل الدولي وبين انحراف معياري واحد فوق المعدل الدولي.

3. يكون البلد نامياً إذا كانت نقاطه بين المعدل الدولي وبين انحراف معياري واحد تحت المعدل الدولي.

4. يكون البلد متأخراً إذا كانت نقاطه تحت المعدل الدولي بأكثر من انحراف معياري واحد.

ولتنقيح عملية التصنيف، أجرينا تحليلاً تجميعياً إحصائياً¹⁷، ويبين الشكل أ-2 نتائج هذا التحليل. وهو يصور مجموعة من أربع مجموعات متقدمة إلى جهة اليمين تم تجميعها معاً على نحو وثيق تبرز ترابطها الداخلي. ومنها "مجموعة كندا - الولايات المتحدة" ومعه ثلاث مجموعات أخرى، وبخاصة الدول الأوروبية إضافة إلى اليابان وإسرائيل. أما البلدان الأخرى فهي بعيدة الارتباط بالبلدان المتقدمة، وخاصة بالولايات المتحدة وكندا.

وسيتيم في بحث إضافي تحليل أداء البلدان حسب النطاق. حيث تجري مقارنة الشروط المسبقة والموارد وإنتاج العلوم ضمن البلدان وغيرها للخروج بتقدير لإنتاجية قدرات العلوم والتكنولوجيا من أجل كل بلد¹⁸.



الشكل أ-2. تحليل تجميعي للعلاقات بين البلدان الستة والسبعين في المؤشر الكامل

لائحة بمن جرت معهم المقابلات

أود هنا أن أعرب عن عميق امتناني لجميع من وافقوا على إجراء مقابلات من أجل هذا الكتاب:

- آرثر دبلو. آبر، قسم الرياضيات، كلية باروخ من جامعة مدينة نيويورك، الولايات المتحدة.
- تران نفوك كا، معهد فيتنام الوطني لسياسات واستراتيجية العلوم والتكنولوجيا (NISTPASS)، فيتنام.
- فرانسيسكو شافيز - غارشيا، مركز أبحاث الزلازل، إيه. سي. تلابان، المكسيك.
- بيتر ل. كولنيز، مختبر الأمراض المعدية، المعهد الوطني للحساسية والأمراض المعدية التابع لمعاهد الصحة الوطنية، الولايات المتحدة.
- مايكل فيهلر، مركز أبحاث الزلازل، مختبر لوس آلاموس الوطنية، نيومكسيكو، الولايات المتحدة.
- ماركو فيروتشي، معهد فيزياء الفضاء والفيزياء الكونية، روما، إيطاليا.
- جويل ديفيد هامكينز، جامعة مدينة نيويورك، كلية جزية ستاتن، الولايات المتحدة.
- جون هاينز، المعهد الوطني لأبحاث الفضاء التابع لجامعة إيراموس (SRON)، هولندا.
- روبرت هوانغ، مركز تكنولوجيا المواد المدججة متناهية الصغر، مختبر سانديا الوطني التابع لوزارة الطاقة الأمريكية، الولايات المتحدة.
- بيتر جونستون، قسم التقييم والرصد، المفوضية الأوروبية، بلجيكا.
- فرانك إ. كاراز، مركز كونتي لأبحاث البوليميرات التابع لقسم علوم وهندسة البوليميرات، جامعة ماساتشوستس (أمهرست)، الولايات المتحدة.

- هانز - ديتير كلينك، جامعة معهد ماربورغ لعلم الفيروسات، ألمانيا.
- أولاف لاندستروم، كلية التكنولوجيا والعلوم الطبيعية، جامعة ميد - سويدن، السويد.
- كرزيستوف ماتيجاسزيوسكي، قسم الكيمياء، جامعة كارنيجي - ميلون، الولايات المتحدة.
- بيتر ندمير، مجلس أوغندة الوطني للعلوم والتكنولوجيا، أوغندة.
- أناند بيلاي، قسم الرياضيات، جامعة إلينوي في أوربانا - تشامبين، الولايات المتحدة.
- لويجي بيرو، معهد فيزياء الفضاء والفيزياء الكونية في روما، إيطاليا.
- إلينا روزكوف، مركز المواد متناهية الصغر، مختبر أرغون الوطني، الولايات المتحدة.
- فولكر شونفيلدر، معهد ماكس بلانك للفيزياء اللاأرضية، ألمانيا.
- ساهارون شيلح، معهد الرياضيات، الجامعة العبرية في القدس، وقسم الرياضيات في جامعة روتجرز، نيوجرسي، الولايات المتحدة.
- س. ك. سينغ، معهد الهندسة، جامعة المكسيك الوطنية المستقلة، المكسيك.
- غريت تن برينك، معهد زرنايك للمواد المتقدمة، جامعة غرونينغن، هولندا.
- وولفغانغ ويلك، معهد علوم التربة وخرائط الترب، جامعة بايروت، ألمانيا.
- إيكارد ويمر، قسم الأحياء الدقيقة من كلية الطب، جامعة مدينة نيويورك في ستوني بروك، نيويورك، الولايات المتحدة.

تمهيد

- 1 آن - ماري سلوتر، "شبكة الحكومات العالمية ووكالات المعلومات العالمية والتحليل التفريقي للديمقراطية"، ورقة العمل حول القانون العام (كلية الحقوق بجامعة هارفارد، 2001).

الفصل الأول

- 1 يقدم كريس فريمن مناقشة مهمة لسؤاله في "نظم الإبداع القارية والوطنية وفوق الوطنية - التكاملية والنمو الاقتصادي"، سياسات الأبحاث 31 (2002)، الصفحات 191-211.
- 2 يقدم ألبرت - لازلو تفسيراً لافنياً ممتازاً لنظرية الشبكة في كتابه: تشيكي: علم الشبكات الجديد (جامعة كامبريدج: بيرسوس بوكس، 2002).
- 3 إيريك فون هيل، "المعلومات الثابتة وموضع حل المشكلات: النتائج المترتبة على الابتكار"، في كتابه الشركة الديناميكية: دور التكنولوجيا والاستراتيجية والتنظيم والمناطق، تحرير إ. تشاندلر، بي. هاغستروم وأو. سولفيل (مطبعة جامعة أوكسفورد)، الصفحات 60-77.
- 4 في عام 1994، أشار كتابان في سياسات العلوم والتكنولوجيا إلى ازدياد عمل الفرق والأبحاث التكاملية. يقول مايكل غييون وغيره في كتاب الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة (لندن: منشورات سيغ، 1994) إلى أن شكلاً جديداً من إنتاج المعرفة، التي وصفوها بالنمط الثاني، بدأ يظهر في القرن العشرين. ويمثل النمط الثاني أسلوباً متعدد التخصصات ومدفوعاً بالسياق ويركز على المشكلات، ويشمل فرقاً متعددة التخصصات اجتمعت لوقت قصير للعمل على حل مشكلات محددة في العالم الواقعي. وقد رسم جون ريمان فرقاً مماثلاً بين العلوم الأكاديمية والعلوم ما بعد الأكاديمية في كتابه. رابطة برومبيوس: العلوم في حالة ديناميكية ثابتة (مطبعة جامعة كامبريدج، 1994).
- 5 معنى ساكس بالإيطالية هو (Satellite per Astronomia X) التي ترجمت إلى الإنكليزية بعبارة (x-ray astronomy satellite) أي قمر صناعي فلكي خاص بالأشعة السينية. وسمي هذا القمر الصناعي "بيبوساكس" تكريماً لعالم الفلك الإيطالي جوزيبي "بيبو" أوتشاليبي. للمزيد من المعلومات عن بيبوساكس، عد إلى الصفحة الرئيسة لبعثة بيبوساكس على الرابط التالي: <http://bepposax.gsfc.nasa.gov/bepposax/index.html>.

- 6 للمزيد من المعلومات حول "إكسبلورر 11"، عد إلى الموقع الإلكتروني لوكالة ناسا: <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/missions/explorer11.html>
- 7 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 27 أيار/مايو 2003.
- 8 وبعدها بسنة، عاد القمر الصناعي ليدخل الغلاف الجوي للأرض وسقط في المحيط الهادي.
- 9 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.
- 10 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.
- 11 الصفحة الرئيسية لبعثة بيوساكس (<http://bepposax.gsfc.nasa.gov/>) <http://bepposax/index.html>.
- 12 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.
- 13 مقابلة شخصية في 30 حزيران/يونيو 1999.
- 14 منطقة الأبحاث الأوروبية هي منظومة من برامج للأبحاث العلمية تعمل على دمج الموارد العلمية للاتحاد الأوروبي. وقد ركزت المنطقة منذ إنشائها عام 2000 على التعاون متعدد الجنسيات في مجالات الأبحاث الطبية والبيئية والصناعية والاجتماعية - الاقتصادية، ويمكن ربط المنظومة بمكافئ الأبحاث والإبداع في السوق الأوروبية المشتركة للسلع والخدمات. وهي تهدف إلى زيادة التنافسية بين المؤسسات البحثية الأوروبية عبر جمعها معاً وتشجيعها على العمل بطريقة أكثر شمولية، على نحو مشابه لما هو موجود اليوم بين المؤسسات في أمريكا الشمالية واليابان. وتمثل زيادة التنقل بين العاملين في مجال المعرفة وتعميق التعاون متعدد الأطراف بين المؤسسات البحثية في الدول الأعضاء الأهداف الأساسية لمنطقة الأبحاث الأوروبية.
- 15 كارولين س. فاغنز وغيرها، التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية؟ (MR-1357.0-WB). (سانتا مونيكا، كاليفورنيا: شركة RAND، 2001).
- 16 ذكر في ديريك دي سولا برايس، العلوم ما بعد بابل (مطبعة جامعة ييل، 1961)، الصفحة الثالثة.
- 17 ل. سيحريو، "عمليات التنظيم الذاتي في بناء الشبكات الريادية: دراسة نظرية وتجريبية"، إدارة الموارد البشرية 203 (2001)، الصفحات 209-230.
- 18 لويت ليديسدورف وأندريا شارنورست، قياس القاعدة المعرفية: برنامج دراسات الإبداع، تقرير إلى الوزارة الاتحادية للتعليم والبحث العلمي (برلين: أكاديمية براندنبورغ للعلوم، 2003).

الفصل الثاني

- 1 تعتمد دراسة الحالة هذه على المقابلات الهاتفية التي أجرتها المؤلفة والمعلومات المكتوبة المتبادلة مع ويلسك في حزيران/يونيو وأيلول/سبتمبر 2003 عندما كانت المؤلفة في جامعة أمستردام. اختير "ويلك" كموضوع لهذه الدراسة لأنه شارك في تأليف مقالات مع شركاء دوليين في عام 2000 أكثر من أي عالم آخر في علوم التربة، وفقاً لبيانات أخذت من معهد المعلومات العلمية.
- 2 من الشائع في الولايات المتحدة أن يطلق لقب "أستاذ" (Professor) على أي مدرس جامعي. لكن هذا اللقب في الجامعات الأوروبية يعطى لبضعة مدرسين فقط ممن أظهروا تميزاً في التدريس والأبحاث والإدارة.

- 3 على الرغم من أن ثلاث أكاديميات أنشئت في إيطاليا قد سبقت جمعية لندن الملكية، إلا أنها لم توجد باستمرار. فقد أنشئت أكاديمية (Accademia Secretorum Naturae) في نابولي عام 1560، ودبل أكاديميا (Accademia del Cimento) في فلورنسا عام 1651، وأكاديمية لينتشي في روما من عام 1603 حتى عام 1630. كذلك وضع لويس الرابع عشر قراراً بتأسيس أكاديمية باريس في عام 1666. ثم جاء تشارلز الثاني وأقر تأسيس جمعية لندن الملكية، وهي المجموعة الناشئة من الأكاديمية العالمية الخفية.
- 4 بحلول عام 1830، ووفقاً لديريك دي سولا برايس، ظهر عدد كبير جداً من المجلات إلى حد تطلب إيجاد اختراع جديد للتعامل مع المعرفة الجديدة: اضطر الباحثون إلى ابتكار "مجلة الخلاصات" (abstract journal) لتلخيص المجالات الفرعية من المعرفة. انظر ديريك دي سولا برايس، العلم الصغير والعلم الكبير (مطبعة جامعة كولومبيا، 1963).
- 5 لوحظت هذه العملية من الزيادة الهائلة في نشر المؤلفات العلمية عند عدة نقاط في تطور العلوم، وخاصة من قبل ف. غالتون، عبقرية الإرث (لندن: ماكميلان، 1869)؛ وأ. لوتكا، "التوزيع التكراري لإنتاجية العلوم"، مجلة أكاديمية واشنطن للعلوم العدد 16 (1926)؛ وبريس، العلم الصغير والعلم الكبير.
- 6 إ. ن. دا سي. أندريد، تاريخ موجز للجمعية الملكية، 1660-1960 (لندن: الجمعية الملكية، 1960). كتب أندريد في منتصف القرن العشرين في إنكلترا: "عدت شريحة واسعة كتابات الفلاسفة الكلاسيكيين العظماء المصدر الأول للحكمة، ومنها تدفقت كل المعارف. وكانت كتابات أرسطو بوجه خاص تتمتع بالنفوذ الأكبر على جميع القضايا الهندسية، مثل قوانين الميكانيك الأرضية وحركات السماوات وطبيعة الضوء واللون... والواقع أن السيد ويليام تمبل كان قد كتب لاحقاً في عام 1692 مقالته حول التعلم القديم والحديث ليبرهن أن الحكمة كلها لدى القدماء" (أندريد، تاريخ موجز، الصفحة السادسة).
- 7 أندريد، تاريخ موجز، الصفحة الرابعة.
- 8 أندريد، تاريخ موجز، الصفحة 25. لا يزال هذا التعبير يبين "التزامه الدائم بالدليل التجريبي على أساس المعرفة بالعالم الطبيعي"، وفقاً للجمعية الملكية. وكان آي. ماسون قد ترجم هذه العبارة كما يلي: "عدم التقيد بالتزام سلطة الأستاذ"، في الرسائل الرسمية رقم I لهوريس، التي استشهد بها في دوروثي ستيمسون، العلماء والهواة: تاريخ الجمعية الملكية (نيويورك: ه. شومان، 1949).
- 9 ت. سررات، تاريخ الجمعية الملكية (لندن: أنجل وكراون 1722، نسخة مصححة)، الصفحة 56.
- 10 ديليو. سي. دامبير، تاريخ العلوم وعلاقتها بالفلسفة والدين (مطبعة جامعة كامبريدج، 1929)، الصفحة 149.
- 11 دامبير، تاريخ العلوم، الصفحة 149.
- 12 بترفيلد، جذور العلوم الحديثة: 1300-1700 (لندن: المطبعة الحرة، 1957).
- 13 ستيمسون، العلماء والهواة، الصفحة 86.
- 14 انظر الملاحظة 3.

- 15 سبرات، تاريخ الجمعية الملكية، الصفحة 61.
- 16 دوروثي ستيمسون، العلماء والهواة، تاريخ الجمعية الملكية (نيويورك: مطبعة غرينوود، الطبعة الثانية، 1968).
- 17 رودولف ستيتشويه، "العلوم في نظام المجتمع العالمي"، معلومات عن العلوم الاجتماعية 35 (1996)، الصفحات 327-340.
- 18 دونالد ديب. بيفر ور. روزن، "دراسات في التعاون العلمي، الجزء الأول. الأصول التخصصية للتعاون في المؤلفات العلمية"، مجلة سيتومتريكس رقم 1 (Scientometrics) (1978)، الصفحات 65-84.
- 19 المرجع السابق، الصفحة 66.
- 20 المرجع السابق، الصفحة 67.
- 21 قبل صدور النظام الأساسي للاحتكارات في عام 1623، لجأ ولي العهد على نحو متكرر ومهدف جمع المال إلى "بيع براءات الاختراع" التي كانت تمنح الاحتكارات بموجها لبيع السلع أو الخدمات. وسعى البرلمان عبر هذا النظام الأساسي إلى الحد من هذه الممارسات.
- 22 جي. أ. شبيتر، التغيير والريادي (Change and the Entrepreneur) (مطبعة جامعة هارفارد، 1949).
- 23 بيفر وروزن، "دراسات في التعاون العلمي".
- 24 برايس، العلم الصغير والعلم الكبير، الصفحتان 33 و 34.
- 25 أخذت هذه الأرقام من دراسات قامت بها المؤلفة على الأجزاء من موازنة الولايات المتحدة المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا.
- 26 منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، لوحة نتائج العلوم والتكنولوجيا والصناعة لدى منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية 2005 (برايس: منشورات منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، 2005).
- 27 مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2006 (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم [NSF]، 2006).
- 28 وضع هذا التقدير على أساس دراسة للمؤسسة الوطنية للعلوم جرى فيها تقدير حجم الإنفاق على الأبحاث والمخصص للبنية التحتية. يرد التقرير بمزيد من التفصيل في الفصل السادس من هذا الكتاب. مجلس العلوم الوطني، البنية التحتية للعلوم والهندسة في القرن الحادي والعشرين: دور المؤسسة الوطنية للعلوم (آرلينغتون، فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).
- 29 برايس، العلم الصغير والعلم الكبير، الصفحة 17.
- 30 فانيفار بوش، العلوم، الحدود التي لا نهاية لها (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 1989)، موجود على الرابط: (www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm).
- 31 روبرت شموكلر، الإبداع والنمو الاقتصادي (مطبعة جامعة هارفارد، 1966)، الصفحة 177. أظهر شموكلر أنه يمكن عد العلوم والتكنولوجيا ذات غو داخلي بالنسبة للنشاط الاقتصادي، مما مثل تحولاً مهماً عن الفكر الاقتصادي الكلاسيكي الجديد. ورغم أن آدم سميث وكارل ماركس لاحظا كلاهما أهمية العلوم والتكنولوجيا بالنسبة للنمو الاقتصادي، لكن علماء الاقتصاد الكلاسيكي الجديد اعتبروهما عاملين خارجيين. وفي عام 1956، وضع روبرت سولو نموذجاً

تجديدياً للنمو الكلاسيكي الجديد فوجد أن عوامل الأرض والقوى العاملة ورأس المال، يمكن أن تكون مسؤولة عن جزء واحد فقط من النمو الاقتصادي. وبدا أنه يمكن أن نعزو "الأجزاء المتبقية" إلى المعرفة الكامنة في التكنولوجيا. وحتى مع ذلك، فقد لاحظ آخرون أنه لا يوجد نموذج واضح حتى الآن قادر على تحديد العلاقات السببية بين العلوم والتكنولوجيا والنمو الاقتصادي.

32 شملت هذه الأنواع من المؤسسات في المجال العام تلك المؤسسات المخصصة لتمويل العلوم الأساسية، مثل المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة. وكانت لدى هيئات أخرى، برغم من كونها توجه وفقاً للمهمات، موازنة كبيرة مخصصة للأبحاث والتطوير في العلوم الأساسية والتطبيقية. ويمثل وزارتا الدفاع والطاقة في الولايات المتحدة مثالين على هذه الهيئات.

33 أنشأت حكومات عدد من الأمم خدمات الإرشاد ومراكز محلية لتقديم الدعم الفني في الزراعة والهندسة.

34 لويت ليدسدورف وهنري إتر كويتز، "الحلزون الثلاثي من علاقات الجامعة والصناعة والحكومة: النمط الثاني وعولمة النظم الوطنية للإبداع" في العلوم تحت الضغط (آرثوس: المعهد الدنماركي للدراسات في الأبحاث وسياساتها، 2001).

35 بول بايروتش وموريس ليفي - ليبور، التناقضات في نمو العلوم منذ الثورة الصناعية (نيويورك: مطبعة سانت مارتن، 1981).

36 البنك الدولي، تقرير التنمية العالمية: تحدي التنمية (مطبعة جامعة أوكسفورد، 1991).

37 ديفيد سميث وجي. سيلفان كاتز، الأساليب التعاونية في إجراء الأبحاث، صندوق (HEFCE)، استعراض السياسات البحثية والتمويل، التقرير النهائي (جامعة سوسكس، نيسان/أبريل 2000).

38 أوتا، الشركات الدولية في مشروعات العلوم الكبيرة، OTA-BP-ETI-150 (واشنطن: مكتب الطباعة لدى حكومة الولايات المتحدة، تموز/يوليو 1995).

39 انظر: كتاب بيتر غاليسون وبروس هيفلي، العلم الكبير: نمو الأبحاث واسعة النطاق (مطبعة جامعة ستانفورد، 1992)، وكيفين د. كنور - ستينا، (Epistemic Cultures): كيف تُنتج العلوم المعرفة (مطبعة جامعة هارفارد، 1999).

40 انظر الموقع (www.gbif.org).

41 أوضحت هذه النقطة في عدد من المؤلفات، بما فيها مايكل غيونسز وغيره، الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة (لندن، سيج للنشر، 1994)، وجون زيمان، (Prometheus Bound): العلوم في حالة ديناميكية ثابتة (مطبعة جامعة كامبريدج، 1994).

42 نيكولاس فونورتاس، التعاون في الأبحاث والتطوير (بوسطن: كلور، 1997).

43 استناداً إلى دراسة المؤلفة لموازنات الأبحاث والتطوير في البلدان المتقدمة علمياً.

44 يقدم برنامج علم الحدود البشرية (انظر www.hfsp.org) منحاً بحثية لفرق من العلماء من بلدان مختلفة يرغبون في جمع خبراتهم لمعالجة مسائل ربما لا يستطيع أي مختبر أن يجد أجوبتها وحده. يتم التركيز على مشروعات التعاون في تأليف المؤلفات (novel collaborations) التي تجمع علماء من مختلف التخصصات (مثلاً من الكيمياء والفيزياء وعلوم الكمبيوتر والهندسة) للتركيز على مسائل في علوم الحياة. ويقدم التمويل بشكل رئيس من حكومة اليابان بدعم من

دول أخرى في مجموعة السبع الكبرى، إلى جانب أستراليا والهند وجمهورية كوريا وسويسرا ونيوزيلندا ودول مجموعة السبع الكبرى غير الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، والمثلة بالمفوضية الأوروبية.

الفصل الثالث

- 1 روبرت أكيلرود، *تعقد التعاون: نماذج التنافس والتعاون القائمة على الوكلاء* (مطبعة جامعة برينستون، 1997)، الصفحة الرابعة.
- 2 ك. بويك، ور. كلافانز وك. بورنر، "رسم العمود الفقري للعلوم"، (*Scientometrics*) 64، رقم 3 (آب/أغسطس 2005)، الصفحات 351-374.
- 3 تعالج هذه الظاهرة في كثير من المقالات، انظر بوجه خاص ل. ليدسدورف، "تراجع العلوم متناهية الصغر والتكنولوجيا متناهية الصغر من حيث عدد المجالات وبراءات الاختراع: آخر تحديث"، *مجلة سينتومتريكس (Scientometrics)* (2009، تصدر قريباً).
- 4 انظر على سبيل المثال، كارولين س. فاغر وآخرون، تقييم شبكات التعاون بين المشاركين في أبحاث علوم المعلومات والتكنولوجيا (IST) وتطورها إلى مشروعات تعاون في منطقة الأبحاث الأوروبية (ERA)، الدراسة 254- المجموعة الأوروبية (لايدن، هولندا: مؤسسة لاند أوروبا، 2005).
- 5 سي. لي جيلز، وإسحق ج. كونسيل وجي. ن. غراي، "من يحظى بالاعتراف؟ قياس الإسهامات العلمية عبر فهرسة الاعتراف التلقائية"، *وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم* 101، رقم 51 (2004)، الصفحات 17599-604.
- 6 لا يبدو أن كل طرف فاعلاً يجب أن يعطى ويأخذ بقدر متساو، فبعضهم قد يعطى أكثر وبعضهم الآخر قد يأخذ أكثر. يبدو أن السؤال هو حول ما إذا كانت الشبكة ككل توازن بين صلات الأخذ والعطاء.
- 7 تكون القدرات التكاملية مزيفة عندما يتعاون باحثون من مجالين مختلفين لتحسين نتائج الأبحاث. لكن المجالين يحافظان على سلامة حدودهما بشكل لا يسمح للبحث التعاوني أن يسهم في تحديد مجال جديد. وعندما يجتمع الباحثون من مجالين لإيجاد مجال جديد للدراسة، يقال عندها إن البحث "تكاملي".
- 8 فرانسيس فوكوياما، *الثقة: الفضائل الاجتماعية وتحقيق الازدهار* (نيويورك: المطبعة الحرة، 1995).
- 9 فوكوياما، *الثقة*، الصفحة 26.
- 10 كان العالم في مجال السياسات روبرت د. بوتنام مسؤولاً إلى حد كبير عن تجديد الاهتمام برأس المال الاجتماعي الذي بدأ في منتصف التسعينيات من القرن الماضي. انظر روبرت د. بوتنام وروبرت ليوناردي ورافائلا واي. نانيتي، *إنجاح الديمقراطية (Making Democracy Work)*: *تقاليد المدن في إيطاليا الحديثة* (مطبعة جامعة برينستون، 1994) وروبرت د. بوتنام، *لعب البوليفي وحيداً: انخيار المجتمع الأمريكي وإحيائه* (نيويورك: سايمون آند شوستر، 2000).
- 11 عدد جيمس كولمن فوائد رأس المال الاجتماعي، "رأس المال الاجتماعي في إنتاج رأس المال البشري"، *المجلة الأمريكية للتكنولوجيا* 94 (دراسة إضافية: المنظمات والمؤسسات: الأساليب الاجتماعية والاقتصادية في تحليل الهيكلية الاجتماعية، 1988)، الصفحات (s95-s120).

- 12 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 17 أيلول/سبتمبر 2003.
- 13 توماس كوهن، *هيكلية الثورات العلمية* (مطبعة جامعة شيكاغو، 1962).
- 14 احتمال تكون أي عقدة k مرتبطة بأي عقدة أخرى يتناسب مع القيمة $1/kn$. ووفقاً لألبرت - لازلو باراباتشي وإيريك بوناو، فإن قيمة n تميل لتقع بين 2 و3. باراباتشي وبوناو، "الشبكات ذات المقياس الحر"، *سيتيفيك أمريكان* 288، رقم 5 (أيار/مايو 2003)، الصفحات 60-69.
- 15 المرجع السابق.
- 16 وفقاً لمارك نيومن، "قانون القوة هو توقيع تجريبي مميز لوحظ في مجموعة واسعة من النظم المعقدة، وهو يتوافق في علم الاقتصاد مع تعبير "التوزيع ثقيل الذيل" (fat tails)، ويشار إليه في الفيزياء بالتقلبات الحادة، ويسمى في علوم الكمبيوتر وعلم الأحياء حافة الفوضى، وفي علم الديمغرافية واللسانيات قانون زيف". ويشير نيومن إلى احتمالية أن العديد من المزايا الأخرى لكثير من النظم المعقدة بما فيها الصمود أمام الاضطرابات والحساسية للأخطاء الإنشائية، ربما كان نتيجة لتصميم النظم أو تطورها وصولاً إلى السلوك الأمثل". م. إ. جي. نيومن، "قوة التصميم"، *الطبيعة* 405 (25 أيار/مايو 2000)، الصفحات 412-13. انظر أيضاً الملاحظة 22.
- 17 باراباتشي وبوناو، "الشبكات ذات المقياس الحر".
- 18 ألبرت لازلو باراباسي وريكا ألبرت، "نشوء التدرج في الشبكات العشوائية" (Emergence of Scaling in Random Networks)، *مجلة العلوم* 286 (تشرين الأول/أكتوبر 1999)، الصفحات 509-15.
- 19 ميكائيليس فالوتسوس وينر فالوتسوس وكريستوس فالوتسوس، "حول علاقات القوة في تكنولوجيا الإنترنت"، في نتائج مؤتمر جمعية الآلات المحوسبة (SIGCOMM) الـ 99 حول التطبيقات والتكنولوجيات والبنى الهندسية والبروتوكولات الخاصة بالاتصال عبر الحاسبات، 30 آب/أغسطس - 3 أيلول/سبتمبر 1999 (كامبريدج، ماساتشوستس: جمعية الآلات المحوسبة، 1999) [ACM]، الصفحات 252-262.
- 20 هيربرت سايمن، "في فئة من وظائف التوزيع المختلة"، *نيومريكا* 42 (1955)، الصفحات 425-440.
- 21 لوتكا، "التوزيع التكراري للإنتاجية العلمية". *مجلة أكاديمية واشنطن للعلوم* 16 (1926)، الصفحة 317.
- 22 أجريت دراسات أخرى مبكرة على توزيعات قانون القوة من قبل سايمن، "في فئة من دول التوزيع المنتحي"، وبتطبيق قانون زيف المعروف في ج. ك. زيف، *السلوك البشري ومبدأ العمل بأقل جهد* (Human Behavior and the Principle of Least Effort). (نيويورك: هافنر، 1949).
- 23 مارك نيومن، "من هو العالم ذو الاتصالات الأفضل؟ دراسة لشبكات التعاون في وضع المؤلفات"، *دراسة علوم الفيزياء* (Physics Review E 64 016132) (2001)، 7 صفحات.
- 24 باراباسي وبوناو، "الشبكات ذات المقياس الحر".
- 25 باراباسي وألبرت، "نشوء التدرج في الشبكات العشوائية". يسمي ديريك دي سولا برايس هذه العملية "السمة التراكمية" في *العلم الصغير والعلم الكبير*، (مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، الصفحة 43. استخدم عالم الاجتماع روبرت ميرتون مصطلح *أثر ماثيو* (Matthew effect)،

- مذكراً بما ورد في إنجيل متى من أن الغني يزداد غنى، للإشارة إلى الظاهرة ذات الصلة التي يميل فيها المؤلفون المعروفون لينالوا التقدير أكثر من المؤلفين الذين شاركوهم في العمل. ميرتون، "أثر ماثيو في العلوم"، *مجلة العلوم* 159، رقم 3810 (1968)، الصفحات 56-63.
- 26 في دراسة لتطوير الشبكات، أظهرت عدة مجموعات بحثية أن العقد التي تتمتع بعدد كبير من الروابط تزيد من تواصلها على نحو أسرع من نظيراتها ذوات الروابط الأقل. انظر باراباسي وآخرون، "تطور الشبكات الاجتماعية لمشروعات التعاون العلمي"، *مجلة فيزيكا* 1: *علم الميكانيك الإحصائي وتطبيقاته* 311، العددان 3 و4 (15 آب/أغسطس 2002).
- 27 مارك غرانوفيتز، "قوة الروابط الضعيفة"، *المجلة الأمريكية للتكنولوجيا* 78، العدد 6 (أيار/مايو 1973)، الصفحات 1360-80، و"قوة الروابط الضعيفة: عودة لزيارة نظرية الشبكات"، *النظرية السيكلوجية* 1 (1983)، الصفحات 201-33.
- 28 بيتر سيملي، الروابط الضعيفة: عوامل تثبيت النظم المعقدة من المواد الحية إلى الشبكات الاجتماعية (برلين: شرينغر، 2006).
- 29 غرانوفيتز، "قوة الروابط الضعيفة".
- 30 مقابلة شخصية مع المؤلفة، 20 تشرين الثاني/نوفمبر 2007.
- 31 أسهم ستانلي ميلغرام بنشر هذا المصطلح في سلسلة من التجارب التي أجريت لفحص طول المسار الواسطي ضمن الشبكات الاجتماعية في الولايات المتحدة. وأظهر بحثه التجديدي أن المجتمع البشري نوع من الشبكات أشبه بعالم صغير يتسم بأطوال مسارات أقصر من المتوقع. وغالباً ما تترافق التجارب مع مصطلح ست درجات من التباعد، برغم من أن ميلغرام لم يستخدم هذا المصطلح بنفسه، "مشكلة العالم الصغير"، *مجلة سيكلوجيا نودى* 1 (أيار/مايو 1967)، الصفحات 60-67.
- 32 انتشر المصطلح بفضل لعبة جون غوير "ست درجات من التباعد"، التي تم تحويلها في ما بعد إلى فيلم سينمائي.
- 33 غريغ فاس وبريان تيرتل ومايك غينيلي، ست درجات من كيفين بيكون (Six Degrees of Kevin Bacon) (نيويورك: بلوم، 1996).
- 34 تعرف العوالم الصغيرة بأنها الشبكات التي تكون فيها درجة التجمع المحلي مرتفعة وتكون أطوال المسارات العالمية عبر الشبكة صغيرة. وقد وجد دنكن واتس وستيفن شتروغاز أنه من الممكن الحصول على العوالم الصغيرة بإضافة حتى بضعة روابط إضافية إلى شبكة ذات نظام. واتس وشتروغاز، "الديناميات الجماعية لشبكات العوالم الصغيرة"، *مجلة الطبيعة* العدد 393 (1998)، الصفحات 42-440.
- 35 نيومن، "من هو العالم ذو الاتصالات الأفضل؟".
- 36 ترتبط الوفرة أيضاً بالكثافة، وبحسب قياس الشبكة بتقسيم العدد الكلي للروابط ضمن الشبكة على عدد الروابط المحتملة. تتميز الشبكات الكثيفة بتوافر كثير من فرص التبادل وكثير من المسارات المحتملة من أي عقدة إلى أي عقدة أخرى في الشبكة. بينما تقل فرص تحرك المعلومات بين العقد في الشبكات المفردة أو ذات التجمعات المحكمة.

- 37 حين بياجيت، "جون أموس كومينيوس (1592-1670)"، بروسبكتس (اليونسكو، المكتب الدولي للتعليم) الجزء الثالث والعشرون، رقم 1/2 (1993)، الصفحات 173-96. انظر الرابط: www.ibe.unesco.org/publications/ThinkersPdf/comeniuse.PDF.
- 38 دراسات هارتليب، الطبعة الثانية، محفوظة في مكتب جامعة شيفلد، متوفرة على الرابط: www.shef.ac.uk/library/special/hartlib.html.
- 39 كانت الوثيقة الأصلية لكومينيوس تحمل عنوان (*Pansophiae Prodromus*). ثم أصبحت بعنوان (*Conatum Comenianorum Praeludia*) عندما نشرتها جامعة أوكسفورد.
- 40 اعتقد كومينيوس أن الدعوة إلى إنكلترا جاءت من البرلمان، لكنها لم تكن كذلك، وفقاً لدوروثي ستيون، "كومينيوس والكلية الخفية"، إيسيس 23، رقم 2 (أيلول/سبتمبر 1935)، الصفحات 373-88.
- 41 د. ستيون، العلماء والهواة، تاريخ الجمعية الملكية. (نيويورك: مطبعة غرينود، الطبعة الثانية، 1968).
- 42 لم يرد هذا الجزء من التاريخ - أي دور كومينيوس في اقتراح تكوين كلية خفية ودور الرعايا الألمان في تنظيم اللقاءات الأولى بين أعضاء الجمعية الملكية - على نحو متكرر في الروايات التاريخية الرسمية للجمعية الملكية، مثل تاريخ موجز عن الجمعية الملكية 1660-1960 لـ "إ. ن. دا سي. أندريد" (لندن: الجمعية الملكية، 1960). ويؤدي المفكرون البريطانيون في هذه الروايات التاريخية دوراً أكثر بروزاً، بل دوراً وحيداً في بعض الأحيان، في إرساء الدعائم الأساسية للعلوم. يسرد ستيون تفاصيل العمليات التي أدت إلى لقاء هؤلاء الأفراد "العلماء والهواة" و"كومينيوس والكلية الخفية". أما في ما يتصل بالأشخاص الذي أطلقوا فكرة هذه الكلية الخفية، فيعتقد أن كومينيوس قد عرضها في اجتماع أثناء إقامته في إنكلترا بين عامي 1641 و1642، لكن بويل كان أول من استخدم الفكرة على الورق في رسالة إلى معلمه في عام 1945.
- 43 د. هاركنس، "دخول المتاهة: تقصي الثقافة العلمية في بدايات إنكلترا الحديثة"، مجلة الدراسات البريطانية 37، رقم 4 (تشرين الأول/أكتوبر 1998)، الصفحات 446-50.
- 44 كوهن، هيكلية الثورات العلمية.
- 45 المرجع السابق.
- 46 المرجع السابق.
- 47 مقابلة هاتفية بين سوزان أ. مورمن من مختبر بروكهافن الوطني وبوب هوانغ، 18 تشرين الثاني/نوفمبر 2005.
- 48 لا تنشأ الأفكار الجديدة بطريقة عشوائية. فالاستثمارات السابقة وموقع المختبرات وتعقيدها وتطورها وأفكار المهويين تسهم جميعها في ما يسميه واضعو نظرية الشبكات "الاعتماد على المسار" (path dependency) - أثر الظروف السابقة على الإمكانات المستقبلية.

الفصل الرابع

- 1 هـ. هـ. هـ. "تاريخ الأحواض المحيطية"، في دراسات في علم الصخور: مجلد لتكريم أ. ف. باديفستون، تحرير أ. إ. جي. إنجل وهـ. ول. جيمس وب. ف. ليونارد (نيويورك: المجتمع الجيولوجي في أمريكا، 1962)، الصفحات 599-620 ور. س. دايتز، "القارة وتطور الحوض المحيطي عبر ممدد قاع البحر"، مجلة الطبيعة 190 (1961)، الصفحات 854-57. ليس من غير الشائع في العلوم أن تقترح نظرية تجديدية من قبل شخصين كل على حدة، ويبدو أن ذلك قد حدث في نظريات تتصل بالحساب والانتقاء الطبيعي والحلزونات المضاعف.
- 2 هـ. ساتو وم. فيهلر، انتشار الأمواج الزلزالية وتشتتها في الأرض متغايرة الخواص (واشنطن: مطبعة المعهد الأمريكي للفيزياء، 1998).
- 3 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 18 تشرين الأول/أكتوبر 2005.
- 4 سي. س. فاغنر ول. ليدسدورف، "قياس عوامة شبكات المعرفة"، في ملتقى بلو سكاي الثاني 2006، أحداث مؤتمر منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD) (2006). انظر الرابط: (www.oecd.org/document/24/0,3343,en_2649_201185_370750321111,00.html).
- 5 سي. س. فاغنر ول. ليدسدورف، "علم الزلازل كحالة لدراسة التعاون الموزع في العلوم"، سيتومتريكس 58، رقم 1 (2003)، الصفحات 91-114.
- 6 سي. س. فاغنر ول. ليدسدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية باستخدام التعاون الدولي في وضع المؤلفات: مقارنة بين عامي 1990 و2000"، المجلة الدولية للتكنولوجيا والعوامة 3 (2005)، الصفحات 185-92.
- 7 أو. بيرسون وآخرون، "القيم البيليومترية التضخمية: دور التعاون العلمي والحاجة إلى مؤشرات نسبية في الدراسات التقييمية"، سيتومتريكس 60، رقم 3 (آب/أغسطس 2004)، الصفحات 421-32.
- 8 دبليو. غلانزل وآخرون، "تحليل بيليومتري للتعاون العلمي الدولي في الاتحاد الأوروبي (1985-1995)"، سيتومتريكس 45، رقم 2، (1999)، وف. نارين، "عوامة الأبحاث والمعلومات الناتجة عن العلماء وبراءات الاختراع - اتجاهات السنوات العشر" في (Proceedings of the North American Serials Interest Group (NASIF) المؤتمر السنوي السادس، ذا سيريلز لايريان (The Serials Librarian) 21 (1991)، الصفحات 2-3.
- 9 من المهم الانتباه إلى أن هذه القياسات لا تظهر فقط الاتصالات الرسمية. لتذكر أن هناك إلى جانب الاتصالات الرسمية قدراً كبيراً من التفاعل الذي يحدث بدرجة أكبر من اللاسمية، وهو ما يوحي بأن شبكة العلوم أكثر كثافة مما تبين الأشكال المستندة إلى بيانات النشر.
- 10 يمكن اعتبار هذه المجالات فروعاً من مجالات أكبر. فالمنطق الرياضي فرع من الرياضيات وعلم الفيروسات فرع من علم الأحياء و"البوليميرات" فرع من الكيمياء وعلم التربة فرع من الهندسة الزراعية وهكذا. يتميز مستوى المجال الفرعي بأنه أكثر تحديداً بكثير ويمكن تحليله بدقة أكبر من دقة تحليل البيانات التي تتم معالجتها على مستوى الفرع الرئيس.
- 11 وجدنا أنا ولويت ليدسدورف أن المعدل العالمي لنمو التعاون الدولي في العلوم بلغ 15.6 بالمئة بين عامي 1990 و2000، كما ذكر في "رسم خرائط العلوم العالمية".

- 12 لأن علم الزلازل لم يكن موجوداً كفرع مستقل في عام 1990، فقد عاجلته مع الجيوفيزياء كمجال علمي واحد لغايات تتصل بهذا الفصل. لكن دراسة منفصلة تبين أن علم الزلازل نشأ من ضمن الجيوفيزياء أثناء مدة الدراسة. انظر فاغنر وليدسدورف، "علم الزلازل كحالة للدراسة".
- 13 يرد هذا البحث في عدة دراسات منشورة: فاغنر وليدسدورف، "هيكلية الشبكة والتنظيم الذاتي والتعاون الدولي في العلوم"، سياسات الأبحاث 34، رقم 10 (2005)، الصفحات 1608-18؛ وفاغنر، "ست حالات لدراسة التعاون الدولي في العلوم"، سينتومتريكس 62، رقم 1 (2005)، الصفحات 3-26؛ وفاغنر وليدسدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية"؛ وفاغنر وليدسدورف، "علم الزلازل كحالة للدراسة".
- 14 م. غيبونز وآخرون، الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة (لندن: سيج، 1994).
- 15 ر. ك. ميرتون، النظرية الاجتماعية والهيكلية الاجتماعية (مطبعة جامعة كولومبيا، 1957)، ور. وايتلي، التنظيم الفكري والاجتماعي للعلوم (مطبعة جامعة أو كسفورد، 1984).
- 16 جون هولاند، النظام المخفي: كيف يبني التكيف التعقيد (ريدنغ، ماساتشوستس: هيكليس بوكس، 1995).
- 17 جون هولاند، النشوء: من الفوضى إلى النظام (نيويورك: أديسون - ويسلي، 1998).
- 18 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 18 آذار/مارس 2003.
- 19 المرجع السابق.
- 20 ف. ساغاسي، تحدي سيزيف (*The Sisyphus Challenge*): المعرفة والإبداع والحالة البشرية في القرن الحادي والعشرين (ليما، البيرو: فورو ناسيونال، 2003).
- 21 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 9 كانون الأول/ديسمبر 2007.
- 22 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 21 تشرين الثاني/نوفمبر 2002.
- 23 بي. هوفمن، الرجل الذي عشق الأرقام وحدها: قصة بول إيردوس والبحث عن الحقيقة الرياضية (نيويورك: هايرتون، 1998).
- 24 ألهمت إنتاجية إيردوس بعض زملائه محاولة تصنيف جميع علماء الرياضيات وفقاً لقرهم من إيردوس، فاعتبر من تعاون مع إيردوس على تأليف مقالة بأنه يحمل رقم إيردوس الأول، ومن وضع مقالة بالتعاون مع مؤلف وضع مقالة مشتركة مع إيردوس بأنه يحمل رقم إيردوس الثاني، وهكذا. وقد حدد مشروع أرقام إيردوس حتى اليوم 268000 شخصاً يحملون رقماً منتهياً من أرقام إيردوس (بعد أن الأفراد الذين لا يمكن ربطهم بإيردوس بأنهم يحملون رقماً غير منته من أرقام إيردوس). أكبر رقم سجل بين أرقام إيردوس هو الرقم 13، بقيمة وسطية تبلغ 4.65، وهو ما يشير إلى أن الشخص الوسطي ضمن هذه الشبكة يبعد مسافة أقل من 5 خطوات عن إيردوس؛ وهو تفسير آخر لظاهرة العالم الصغير. يوفر مشروع أرقام إيردوس هذه البيانات على الرابط: (www.oakland.edu/cnp/trivia.html).
- 25 ج. سوديل، "التعاون والإبداع والجوائز: لماذا يتعاون العلماء وكيف يتعاونون"، المجلة الدولية لإدارة التكنولوجيا 22 (2001)، الصفحات 762-81.

- 26 أ. ساكسينان، السمة الإقليمية: الثقافة والتنافس في وادي السيليكون والطريق 128 (مطبعة جامعة هارفارد، 1996).
- 27 مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2000 (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2001).
- 28 سي. س. فاغنر وآخرون، التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية، الدراسة -1357 (WB) (سانتا مونيكا، كاليفورنيا، مؤسسة راند، 2001).
- 29 ساكسينان، السمة الإقليمية.
- 30 مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2002 (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).
- 31 منظمة اليونسكو، الاستيعاب في التعليم العالمي، 2006: مقارنة بين إحصائيات التعليم عبر العالم (كيبك، معهد اليونسكو للإحصاء، 2006).
- 32 ر. باننداري، "معهد أطلس لمشروعات التعليم الدولية"، قدم في مؤتمر سيحما Xi حول العلوم والتكنولوجيا ومستقبل القوى العاملة، العاصمة واشنطن، 20 أيلول/سبتمبر 2006.

الفصل الخامس

- 1 ثمة كثير من المؤلفات التي كتبت عن التنمية الاقتصادية الإقليمية وعلاقتها بالعلوم والتكنولوجيا. وتبقى مسألة العلاقة بينهما نقطة جدال مستمر في دراسات العلوم والتكنولوجيا. ومن أكثرها إشارة للاهتمام دراسة م. زيت وآخرون، "الآثار غير المباشرة المحتملة للعلوم والتكنولوجيا في المناطق: نظرة متعمقة في الموقع الجغرافي المشترك بين النشاطات المعرفية في الاتحاد الأوروبي"، سيتومتركس 57 (2003)، الصفحات 295-320. تبين هذه المقالة وجود علاقة غير متكافئة بين كثافة العلوم والتكنولوجيا في المناطق وحدوث النمو الاقتصادي. ويعالج ناتان بوزنبرغ هذا الموضوع في مناقشة (exogeneity) العلوم في داخل الصندوق الأسود: التكنولوجيا والاقتصاديات (مطبعة جامعة كامبريدج، 1982). انظر أيضاً أنا لي ساكسينان، السمة الإقليمية: الثقافة والتنافس في وادي السيليكون والطريق 128 (مطبعة جامعة هارفارد، 1994).
- 2 م. ر. بينسو وآخرون، (Light-Emitting Copolymers of Cyano-Containing PPV-Based Chromophores and a Flexible Spacer)، بوليمر 41، رقم 7 (آذار/مارس 2000)، الصفحات 2603-11.
- 3 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 10 تموز/يوليو 2003.
- 4 مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2008 (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2008).
- 5 المرجع السابق.
- 6 دبليو. بريان آرثر، زيادة العوائد والاعتماد على المسار في الاقتصاد (مطبعة جامعة ميشيغان، 1994).
- 7 من الدراسات التي تركت أثراً كبيراً على تفكيري الدراسة التي وضعها سي. فريمن، "نظم الإبداع القارية وفوق القارية والوطنية - التكاملية والنمو الاقتصادي"، سياسات الأبحاث 31 (2002)، الصفحات 191-211. انظر أيضاً جي. موكير، مواهب أثينا (مطبعة جامعة برينستون، 2002).

- 8 للحصول على معلومات عامة حول هذا المؤلف، انظر طبعات غوردن ل. كلارك وميريك س. غيرتسر وماريان بي. فيلدمن، دليل أوكسفورد للجغرافيا الاقتصادية (مطبعة جامعة أوكسفورد، 2003).
- 9 أصبح استخدام المصادر عبر الإنترنت مثل التصميم والاختبار بالأبعاد الحقيقية ينمو إلى ممارسة يسميها البعض "العلوم الإلكترونية" (eScience). ولدى معهد العلوم الإلكترونية مصادر حول هذا الموضوع على الرابط التالي: (www.nesc.ac.uk/esi/).
- 10 لمزيد من المعلومات عن هذا المشروع، انظر (setiathome.berkeley.edu).
- 11 أ. فيريرا وسي. مافرويديس، "الواقع الافتراضي و" (Virtual Reality and Haptics for Nanorobotics)، مجلة علم الروبوتات والأتمتة (IEEE) (أيلول/سبتمبر 2006)، الصفحات 78-83.
- 12 جي. ميندلر ود. سايمون وبسي. بروم، "التنمية الافتراضية والجغرافيات الافتراضية: استخدام الإنترنت في إعطاء دروس تفاعلية عن بعد في جنوب العالم"، مجلة جغرافية التعليم العالمي، 26، رقم 3 (1 تشرين الثاني/نوفمبر 2002)، الصفحات 313-25.
- 13 وجدت في المقابلات الكثيرة التي أجريتها مع علماء كانوا يعملون على المستوى الدولي عن المشروعات البحثية الموزعة والمنسقة أن الغالبية العظمى من هذه المشروعات بدأت بقاء شخصي وجهاً لوجه أو في مرحلة متقدمة منها.
- 14 جون راؤولز، نظرية العدالة (كامبريدج: مطبعة بلكناب، 1971)، الصفحة 17.
- 15 راؤولز، نظرية العدالة، الصفحة 150.
- 16 فرانسيس فوكوياما، الثقة: الفضائل الاجتماعية وتحقيق الازدهار (نيويورك: المطبعة الحرة، 1995).
- 17 مقابلة شخصية مع المؤلفة، كامبالا، أوغندا، 5 تموز/يوليو 2007.
- 18 جودي واكونغو، "المشاركة العامة في صنع القرارات المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا: تجارب من أفريقيا"، 2004؛ انظر الرابط: (practicalaction.org/?id=publicgood_wakhungu).
- 19 مقابلة شخصية مع المؤلفة، كامبالا، أوغندا، 5 تموز/يوليو 2007.

الفصل السادس

- 1 يستشهد سي. فرين، "نظم الإبداع القارية وفوق القارية والوطنية - التكاملية والنمو الاقتصادي" سياسات الأبحاث 31 (2002) بتقرير التنمية العالمية لعام 1991 الذي يظهر تفاوتاً متزايداً في النمو بين مختلف أجزاء العالم. يصدر تقرير التنمية العالمية كل عام عن البنك الدولي؛ يمكن إيجاد أحدث هذه التقارير على الرابط التالي: (<http://econ.worldbank.org/wdr/>).
- 2 جيفري ساتش، نهاية الفقر (نيويورك: مطبعة بينغوين، 2004)، الصفحة 70.
- 3 انظر الموقع الإلكتروني: (www.naro.go.ug).
- 4 ورشة عمل غير رسمية، مختبر لوس ألamos الوطني، نيو مكسيكو، ربيع 2006.
- 5 كما ورد في ستيفين إنوود، العبقري المنسي: سيرة حياة روبرت هوك 1635-1703 (لندن: ماك آدم/كيج، 2005).
- 6 أنجز هذا العمل بالتعاون مع إدوين هورلينغر من معهد راتيناو (لاهاي، هولندا) وأريندام دوتا من مؤسسة واند (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا)، وهو تحديث لمؤشر مؤسسة راند لقدرات

- العلوم والتكنولوجيا 2000 (سي. س. فاغنر وآخرون، التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية، الدراسة WB - 1357 [مؤسسة راند، 2001]).
- 7 المرجع السابق.
- 8 بوش، العلوم، الحدود التي لا نهاية لها، تقرير إلى الرئيس من إعدام فانيفار بوش، مدير مكتب التطوير والأبحاث العلمية، تموز/يوليو 1945 (واشنطن: مكتب الطباعة لدى حكومة الولايات المتحدة، 1945).
- 9 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 23 شباط/فبراير 2007.
- 10 وفقاً لمنظمة اليونسكو، زاد معدل الالتحاق في شبكة التعليم الأساسية من 86 بالمئة عام 1990 إلى 91 بالمئة عام 2003، وهبط معدل التسرب من 12 بالمئة إلى نحو 3 بالمئة، وانخفض معدل الإعادة من 9 بالمئة إلى أقل من 5 بالمئة، وزاد معدل إكمال الدراسة من 47 بالمئة إلى أكثر من 75 بالمئة. لكن عمل "كا" اعتمد أساساً للمقارنة مسحاً حديثاً أجري على المدارس الوطنية يشير إلى أن مستوى التقدم الذي تحقق كان أقل. إضافة لذلك، فقد عملت فيتنام أيضاً على توسيع فرص التعليم الثانوي على نحو كبير، فزاد معدل الانتقال من التعليم الأساسي إلى التعليم الإعدادي من 78 بالمئة إلى 88 بالمئة، مما سمح لغالبية الشباب الفيتناميين بنيل فرصة لدراسة 9 سنوات من التعليم الأساسي، وكانت حصة قطاع التعليم من إجمالي الإنفاق العام 17 بالمئة في عام 2003.
- 11 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 23 شباط/فبراير 2007.
- 12 عقد المؤتمر الدولي السابع عن التحدب العام (Monotonicity) في هانوي في آب/أغسطس 2002.
- 13 ت. كواهارة، "نشاطات توقع التكنولوجيا في اليابان - نظرة استرجاعية لـ 30 سنة من دراسات الخبراء في دلهي"، التوقعات التكنولوجية والتغيير الاجتماعي 60، رقم 1 (كانون الثاني/يناير 1999)، الصفحات 5-14 (10)، إل سيفير.
- 14 البنك الدولي، مؤشرات التنمية العالمية 2002 (واشنطن، البنك الدولي، 2002).
- 15 مجلس العلوم الوطني، البنية التحتية للعلوم والهندسة في القرن الحادي والعشرين: دور المؤسسة الوطنية للعلوم (آرلينغتون، ولاية فرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).
- 16 المرجع السابق.
- 17 المرجع السابق.
- 18 المرجع السابق.
- 19 المرجع السابق.
- 20 ثمة استثناء جزئي لهذه القاعدة وهو نسبة الإنفاق على الأبحاث والتطوير التي تخصص عادة لتغطية التكاليف العامة، وتشمل صيانة المعدات والمباني الرأسمالية، معرفة كلفة التشغيل، ولكن ليس إنشاء مرافق جديدة.
- 21 هذا صحيح عبر كامل القاعدة الصناعية للاقتصاد، وليس فقط من أجل القطاعات المتصلة بالعلوم، لكن هذا النقاش يركز على أجزاء من هذه الوظائف المتصلة بالعلوم.
- 22 انظر الموقع الإلكتروني لمختبر الفيزياء، قسم الفيزياء الكوانتية في المعهد الوطني للمقاييس والتكنولوجيا (physics.nist.gov/Divisions/Div848/div848.html).

- 23 وفقاً لمنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، بلغت موازنة العام 2002 لمركز المعايير الصناعية الياباني حول السلامة والقياس نحو 110.3 مليون دولار. وينفق الاتحاد الأوروبي أكثر من 83 مليار يورو سنوياً على القياس وتوحيد المقاييس، أي ما يمثل نحو 1 بالمئة من الناتج المحلي الخام للاتحاد الأوروبي، وهذا يولد فائدة قدرت بـ 3 يورو عن كل 1 يورو ينفق على نشاطات القياس، وتنفق الولايات المتحدة مبلغاً مساوياً. ويتحمل قطاع الصناعة في البلدان المتقدمة جزءاً كبيراً من التكاليف والرسوم المرافقة لتوحيد المعايير وعلم القياس. انظر ج. ويليامز، تقييم الدور الاقتصادي للقياسات والاختبار في المجتمع الحديث (أو كسفورد: المفوضية الأوروبية، 2002).
- 24 سي. س. فاغنر وم. ريد، دعائم التقدم، البنية التحتية للعلوم (فيينا: منظمة اليونسكو، 2004).
- 25 تلقت مراكز كوسيتسوشي الهندسية نحو 500 مليون دولار (400000 دولار لكل 100000 نسمة) بتمويل تراكمي للسنة المالية 1988 وفقاً للمواقع الإلكترونية للحكومة اليابانية.
- 26 بلغت موازنة مراكز نقل التكنولوجيا في ألمانيا نحو 95 مليون دولار (116000 دولار لكل 100000 نسمة) في عام 1995.
- 27 سي. س. فاغنر وأ. ييزريل، العلوم العالمية ومعلومات التكنولوجيا: دورة جديدة للدخول (A New Spin on Access). تقرير الدراسة - 1079 - (OSTP) (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 1999). انظر الرابط: (rand.org/publications/MR/MR1079/).
- 28 يمكن الاطلاع على التفاصيل في د. نيلكن، العلوم كملكية فكرية: من الذي يسيطر على الأبحاث؟ (نيويورك: مطبعة ماكميلان، 1984).
- 29 آرون س. كسيلهام وجيري أفرون، "العلوم القائمة على الجامعات ومنتجات التكنولوجيا الحيوية، تحديد حدود الملكية الفكرية"، جاما 293 (2005)، الصفحات 850-54.
- 30 ديفيد سي ماوري وآخرون، "نمو تسجيل براءات الاختراع وترخيصها لدى الجامعات الأمريكية: تقييم لآثار قانون بايه - دول لعام 1980"، سياسات الأبحاث 30، رقم 1 (كانون الثاني/يناير 2001)، الصفحات 99-119. ويرى محللون آخرون أن التغييرات في نظام حقوق الملكية الفكرية لم تغير بشكل كبير المعايير الموجهة للأبحاث العلمية. انظر فيونا موراي وسكوت ستيرن، "هل تؤدي حقوق الملكية الفكرية إلى إعاقة التدفق الحر للمعرفة العلمية؟ اختبار تجريبي لفرضيات تناقض المؤلف"، المكتب الوطني للأبحاث الاقتصادية (NBER)، ورقة العمل رقم 11465 (نموز/يوليو 2005). انظر الرابط: (nber.org/papers/w11465).

الفصل السابع

- 1 من الممكن أن نرى نظاماً عالمياً واحداً للعلوم بإضافة علماء أوروبا الشرقية، كما يصف الفصل الرابع.
- 2 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 3 نيسان/أبريل 2003.
- 3 ثمة مجموعة مهمة من المؤلفات حول موضوع نظم الإبداع الوطني. انظر ب. أ. لندفول، نظم الإبداع الوطني: نحو نظرية الإبداع والتعلم التفاعلي (لندن: برينتر، 1992).
- 4 ر. ر. نيلسون وهـ. باك، المعجزة الآسيوية ونظرية النمو الحديث (العاصمة واشنطن: البنك الدولي، 1997).

- 5 ف. زينغ وجي. ماوتون. نظم الإبداع ضمن سياق التنمية الاقتصادية - الاجتماعية والتحول في أفريقيا (ستيلينبوش، جنوب أفريقيا: مركز جامعة ستيلينبوش للأبحاث في العلوم والتكنولوجيا، كانون الثاني/يناير 2006).
- 6 تمول شركات القطاع الخاص بعض الأبحاث الأساسية. ولطالما كانت الجامعات والكليات غير التاريخ، وفقاً لمجلس العلوم الوطني، هي صاحبة أفضل أداء في الأبحاث الأساسية في الولايات المتحدة، حيث بلغ حجم إنجازها في السنوات الأخيرة أكثر من نصف الأبحاث الأساسية في البلاد (55 بالمائة عام 2004). ويتم تمويل معظم الأبحاث الأساسية على المستوى الفدرالي. لكن الانجذاب على المدى البعيد في الولايات المتحدة كان لفترة طويلة هو تخفيض النسبة المئوية لحصة الإنفاق الحكومي على الأبحاث والتطوير وزيادة النسبة المئوية لحصة الإنفاق من القطاع الخاص، بينما زاد الطرفان من حجم الإنفاق الإجمالي (مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2004 [أربليغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2004]).
- 7 بول أ. ديفيد وديفيد ماوري ودبليو. إدوارد شاينمويلر، "تحليل المكاسب الاقتصادية من الأبحاث الأساسية" اقتصاديات الإبداع والتكنولوجيا الجديدة 2، رقم 1 (1992)، الصفحات 73-90.
- 8 كما تشير هذه الأمثلة، فإن تحديد السلعة العامة الصافية قد يكون أمراً صعباً. إذ إن معظم السلع العامة تبدي عملياً درجة من التنافس أو الإقصاء.
- 9 آي. كول وآي. غرونبرغ وم. سترن، السلع العامة العالمية: التعاون الدولي في القرن الحادي والعشرين (مطبعة جامعة أو كسفورد، 1999).
- 10 من الصعب قياس المعدلات الاجتماعية للعائد. لكن يمكن العودة إلى إ. مانسفيلد، "المعدلات الاجتماعية والخاصة للعائد من الإبداع الصناعي"، مجلة الاقتصاديات الفصلية 91 (1977)، الصفحات 221-40 وس. دبليو. بوبر، الأساليب الاقتصادية في قياس الأداء ومنافع العلوم الأساسية (سانتا مونيكا: ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 1995).
- 11 جودي واكونفو، "المشاركة العامة في صنع القرارات المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا: تجارب من أفريقيا"، 2004 (practicalaction.org/?id=publicgood_wakhungu).
- 12 للحصول على لائحة كاملة بالأهداف ولمعرفة المزيد عن المشروع، انظر الرابط: (un.org/millennium_goals/) والتقارير المرافق الذي وضعته مجموعة العمل حول العلوم والتكنولوجيا والإبداع ضمن برنامج التنمية الألفية التابع للأمم المتحدة والذي يمكن الحصول عليه من الرابط: (www.unmillenniumproject.org/documents/tf10apr18.pdf).
- 13 انظر الموقع الإلكتروني: (arxiv.org/).
- 14 كارولين س. فاغنر وآخرون، التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية؟ (MR-1357.0-WB). (سانتا مونيكا، كاليفورنيا: شركة RAND، 2001).

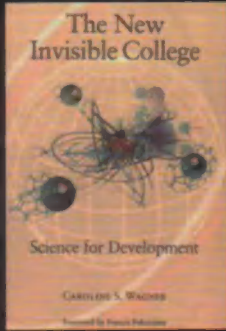
الملحق أ

- 1 بي. أ. ديفيد ود. فوراي، "مقدمة إلى اقتصاد مجتمع المعرفة"، مجلة العلوم الاجتماعية الدولية 171 (آذار/مارس 2002). انظر أيضاً الفصول التي تتحدث عن القاعدة المعرفية بقلم د. فوراي

- وب. أ. لسنفول وم. أبرامويتز وب. أ. ديفيد في التوظيف والنمو في الاقتصاد القائم على المعرفة (باريس: منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية [OECD]، 1996). تعالج مجموعة كبيرة من المؤلفات مسألة إسهام العلوم والتكنولوجيا في النمو الاقتصادي وإيجاد المعرفة. ومن بينها غيونسز وآخرون، الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة (لندن: سيج للنشر، 1994) وريتشارد ر. نيلسون، مصادر النمو الاقتصادي (مطبعة جامعة هارفارد، 2000).
- 2 يقدم هذا العمل تحديثاً لمؤشر مؤسسة "راند" لقدرات العلوم والتكنولوجيا 2000 معزراً ببيانات أحدث ويضم عدداً أكبر من البلدان التي توافرت عنها تغطية بيانات كاملة من 66 إلى 76.1. للحصول على المؤشر 2000، انظر سي. اس. فاغنر وآخرون، التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية، الدراسة WB-1357 (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 2001).
- 3 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP)، تقرير التنمية البشرية 2001: جعل التكنولوجيا ملائمة للتنمية البشرية (مطبعة جامعة أكسفورد، 2001) ود. أرشيبوغي وأ. كوكو، "مؤشر جديد للقدرات التكنولوجية في البلدان المتقدمة والتنمية (ArCo)"، التنمية العالمية 32، رقم 4 (نيسان/أبريل 2004)، الصفحات 54-629.
- 4 ل. ليدسدورف، "الاقتصاد القائم على المعرفة ونموذج الحلزون الثلاثي"، الفصل الثاني في قراءة ديناميات اقتصاد المعرفة، تحرير ويلفريد دولفسما ولوك سويت (تشلتيهنايم: إدوارد إغار، 2006)، الصفحات 42-76.
- 5 طبقات برازريك، هـ. و-جي. سي. وم. هاينديريخ، نظم الإبداع الإقليمية (لندن: مطبعة كلية الجامعة، 1998).
- 6 سي. اس. فاغنر ول. ليدسدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية: مقارنة بين عامي 1990 و2000"، المجلة الدولية للتكنولوجيا والعولمة 1، رقم 2 (2005)، الصفحات 185-208.
- 7 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، تقرير التنمية البشرية 2002، تعميق الديمقراطية في عالم مجزأ (نيويورك: مطبعة جامعة أكسفورد، 2002)، و(CIA World Factbook 2001) (العاصمة واشنطن: وكالة الاستخبارات المركزية، 2001).
- 8 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، تقرير التنمية البشرية 2002.
- 9 المرجع السابق.
- 10 البنك الدولي، مؤشرات التنمية العالمية 2002 (واشنطن: البنك الدولي).
- 11 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، تقرير التنمية البشرية 2002.
- 12 انظر الموقع الإلكتروني (www.uspto.gov).
- 13 مجلس العلوم الوطني، مؤشرات العلوم والهندسة 2000 (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2004).
- 14 وضع هذا القياس لنسب التعاون الدولي خصيصاً لهذا العمل باستخدام بيانات من مؤشر الاستشهاد العلمي في معهد المعلومات العلمية (CD-ROM 2000)، ويتم تحويله إلى قيمة طبيعية بأخذ حجم سكان البلاد. وهو يقيس مدى عمل الباحثين الوطنيين على المستوى العالمي في العلوم والتكنولوجيا.

- 15 لا يمكن (بالضرورة) إلقاء اللوم على المعاهد الإحصائية الوطنية بسبب حجم هذه الإحصائيات وموثوقيتها. فمن الخصائص المتأصلة في طبيعة الدول النامية أن كثيراً من النشاطات الاقتصادية يحدث خارج نطاق الإحصائيات (مثل المدفوعات العينية والإنتاج للاستهلاك الشخصي أو المحلي أو الإقليمي).
- 16 للحصول على مذكرة فنية عن الكيفية المتبعة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لحساب مؤشر التنمية البشرية، انظر الرابط: (http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_tech_note_1.pdf).
- 17 استخدمت الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) من أجل إجراء هذا التحليل (SPSS Inc، شيكاغو، إيلينوي).
- 18 اتصل بالمؤلفة للحصول على مزيد من المعلومات.
- 17 استخدمت الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) من أجل إجراء هذا التحليل (SPSS Inc، شيكاغو، إيلينوي).
- 18 اتصل بالمؤلفة للحصول على مزيد من المعلومات.

يخضع تنظيم العلوم اليوم إلى عملية تحوّل جذري. وفي هذا الكتاب، «نشوء الأكاديمية العالمية الخفية»، تجمع كارولين فاغنر بين البيانات الكمية والمقابلات الموسعة لكي ترسم خريطة للشبكات العلمية العالمية وتتبع الديناميات التي توجه نموها. وهي تناقش فكرة الانتقال من العلم الكبير إلى الشبكات العالمية وما تخلقه من



فرص لم يسبق أن أتيحت أمام البلدان النامية، والتي تسمح لها بالانضمام إلى ركب العلم بكل ما يتيح من إمكانيات. فبدلاً من تشتيت الموارد على محاولات لا جدوى منها لتقليد مؤسسات القرن العشرين العلمية، بإمكان حكومات البلدان النامية تفعيل هذه الشبكات، عبر خلق الحوافز التي تستحث كبار العلماء على التركيز على البحوث التي تعالج هموم هذه البلدان وعلى إيجاد الطرق التي تربط بين المعارف وحلول المشكلات المحلية. إن كتاب «نشوء الأكاديمية العالمية الخفية»، يقدم في آن معاً مرشداً ودليل استخدام لصانعي السياسات الذين يتولون هذه المهام.

كارولين س. فاغنر عالمة بارزة في مركز العلم الدولي وسياسات التقانة في جامعة جورج واشنطن، ومحللة سياسات رئيسة في معهد ستانفورد الدولي للأبحاث. وقد سبق لها أن عملت في منظمة «راند»، وكعضو في لجنة الكونغرس الأمريكي للعلوم والفضاء والتقانة. وهي زميل في الرابطة الأمريكية للتقدم العلمي، ونشطت أيضاً كعضو في لجنة الألفية للعلوم والتقانة والابتكار في الأمم المتحدة، وفي الهيئة الاستشارية في إطار برنامج أبحاث نظم المعرفة في كندا.

Cover illustration: © Neliana Kostadinova - Fotolia.com

ISBN 978-9953-87-932-1



9 789953 879321



الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.
www.asp.com.lb - www.aspbbooks.com